



UPPSALA STUDIES
IN EDUCATION 28

Stellan E Löfdahl

**Fysikämnet i svensk realskola
och grundskola**

Kartläggning och alternativ ur
fysikdidaktisk synvinkel

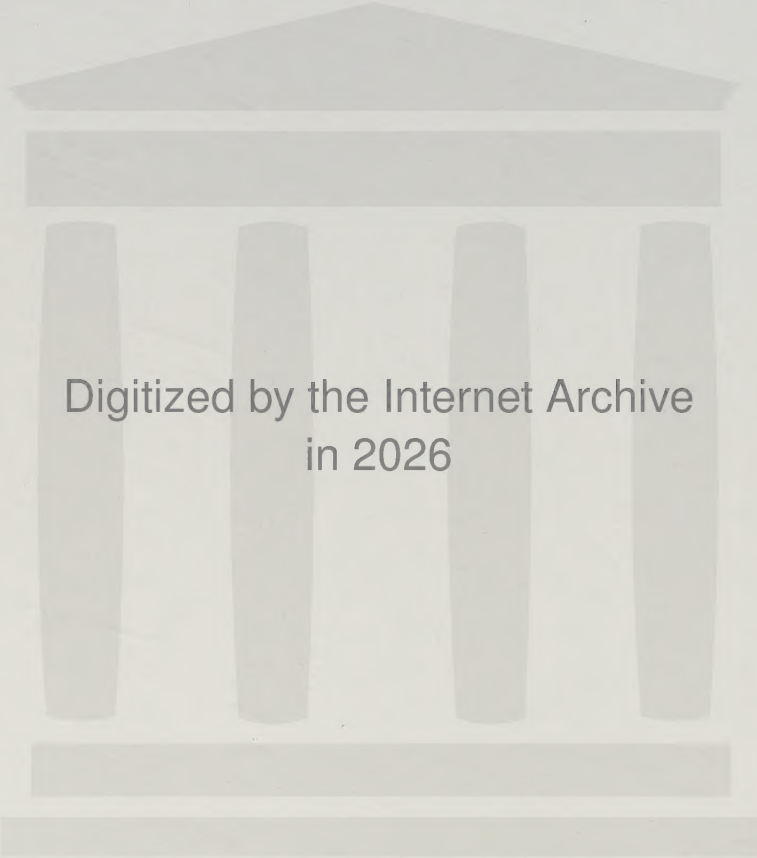
Disbui. Upsala
1988



ACTA UNIVERSITATIS UPSALIENSIS

Uppsala Studies in Education

28



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551518_0016

Stellan E Löfdahl

FYSIKÄMNET I SVENSK REALKOLA OCH GRUNDSKOLA

Kartläggning och alternativ
ur
fysikdidaktisk synvinkel



Uppsala 1987

Distributor:

Almqvist & Wiksell International
Stockholm, Sweden

Doctoral dissertation at Uppsala University 1987

ISBN 91-554-2125-3

ISSN 0347-1314

Abstract

Löfdahl, S., 1987. Fysikämnet i svensk realskola och grundskola. Kartläggning och alternativ ur fysikdidaktisk synvinkel. (The Subject Physics in the Swedish Junior High School and the Comprehensive School. Survey and Alternatives from a Physics Didactic Point of View.) Acta Univ. Ups. *Uppsala Studies in Education* 28. 273 pp. Uppsala. ISBN 91-554-2125-3.

The dissertation is a didactics study in physics. Different aspects of the contents of the subject physics and its determinants will be examined with reference to the Swedish Junior High School ("realskola") and the Comprehensive School ("grundskola") respectively.

In the first part of the dissertation an account will be given of the didactic tendencies in physics in the USA and Western Europe during the 20th century. The process-oriented and discipline-minded teaching of physics in the fifties and the early sixties for the élite will be exemplified by the textbooks Nuffield Physics and PSSC. During the seventies this aspect changed into a socially relevant and evaluating view of physics. Every pupil was to study physics. Aspects of educational science were put on the contents and the sequencing of the subject-matter. In the dissertation two examples are discussed; namely, the didactics in physics inspired by Piaget and the research concerning the pupils' conceptions in physics.

While the first part of the dissertation will show alternative descriptions of the subject physics, the second part will show in detail its contents in the Swedish Secondary School of yesterday and today. Sources on two levels above the classroom situation have been used: on the one hand regulations and methodical recommendations for the Swedish Junior High School for the years 1905, 1928 and 1933 and the curricula for the Swedish Comprehensive School for the years 1962, 1969 and 1980, and on the other hand textbooks in physics for the corresponding forms of schools. The analysis shows a static mass of knowledge more and more characterized by an overcrowding of subject-matter and by programmed instruction. The underlying conception of knowledge is described as empiristic.

The third part of the dissertation gives a societal perspective to the objectives of the regulations and curricula. Hypothesis on the invariability of the textbooks and the emphasis on classical physics will be discussed. Finally the constructivist conception of knowledge and the demand for civic competence of Lgr 80 will be applied in an attempt to select subject-matter in physics for the school of today.

Keywords: curriculum, physics education, science education, secondary education, textbooks analysis.

Stellan E Löfdahl, Department of Education, Uppsala University, Box 2109, S-750 02 Uppsala, Sweden.

FÖRORD

Jag tillhör den generation som hade stora möjligheter att möta naturvetenskapen och tekniken redan under pojkbåren. Det fanns poulärvetenskapliga böcker, hobbyböcker med beskrivningar på hur man kunde tillverka allehanda apparater, experimentlådor av typen "Elektroman", pojkböcker som skildrade gossar i hobbyklubbar där de med orealistisk precision tillverkade tekniska underverk, nytryck av Jules Verne-böcker och till och med en gryende genre science-fiction-böcker, vilkas beskrivningar av framtidens teknik nu - trettio år senare - är ohjälpligen överträffade av dagens existerande teknik.

Redan under realskoletiden var jag klar över att jag skulle bli lärare i matematik och fysik, och på den vägen är det. Ju mera fysik jag läser, desto mera fascinerad blir jag över potentialen i de modeller av verkligheten som jag får insikt i. Det är minst lika fascinerande att undervisa i fysik, men för varje år som går blir jag alltmera medveten om hur mycket man måste kunna om barns tänkande och hur litet jag verkligen kan. Under de senaste åren har jag haft förmånen att få fördjupa mig i problemen kring och infallsvinklarna på fysikundervisning, vilket har resulterat i denna avhandling. Den hade dock inte blivit skriven utan hjälp och stöd från många vänner.

Främst vill jag tacka mina handledare, professorerna Erik Wallin och Carl Nordling. Erik har varit entusiastisk och inspirerande. Många gånger har jag kommit till honom, övertygad om att mina skrivelser varit ett fall för pappersinsamlingen, och gått därifrån med batterierna nyladdade och anteckningsblocket fullt av idéer, kopplingar och vägvisare. Carl har funderat på fysiken i min avhandling. Hans milda påpekanden har alltid varit välgörande för framställningen.

Professor Gösta Berglund, doc Tomas Englund och doc Börje Ekstig har nagelfarit mina manus kunnigt, noggrant och engagerat. Jag är tacksam för de diskussioner vi har haft och som lett till förbättringar av åtskilliga svaga punkter. Mina lekkamrater på forskarutbildningen - Annalill Ekman, Birgitta Ekman, Gertrud Grahn och Bengt Holmberg - har också hela tiden uppmuntrat mig och kommit med konstruktiv kritik.

Avhandlingen bygger på litteraturstudier. Personalen vid Statens psykologisk-pedagogiska bibliotek och vid Stadsbibliotekets i Västerås fjärrlåneavdelning har visat en aldrig sviktande serviceanda, trots de påfrestningar jag utsatt dem för.

Parallellt med avhandlingsarbetet har jag tjänstgjort vid Fryxellska skolan i Västerås. Mina skolledare Lars Stenvall och Elinor Carlfors har jämnat min väg med generöst beviljade tjänstledigheter och goda scheman. Med kollegerna på fysik- och kemisidan har jag alltid kunnat diskutera undervisning och dra nytta av deras erfarenheter och intresse. Gunilla Sandin och Derek Bolton har översatt sammanfattningen till engelska. Andra kolleger har också visat stöd och uppmuntran. Tack!

Slutligen bugar jag mig för min tålmodiga familj. Min hustru och ämneskollega Britt-Marie har varit sparring-partner under studierna. Hennes omutliga sinne för knivskarp logik har punkterat många av mina lättviktiga tankeballonger. Det har varit en ovärderlig hjälp för stringensen i framställningen. Håkan, min son, har med mild resignation upplevt sin far som en argsint morrande skugga vid skrivbordet. Nu är avhandlingen klar, gubben!

Västerås i oktober 1987

Stellan E Löfdahl

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD

i

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

iii

DEL I. SYFTE, BAKGRUND OCH UTBLICK

1. Bakgrund, teoretisk referensram och problemprecisering	1
1.1. Bakgrund	1
1.2. Teoretisk referensram	2
1.3. Det fysikdidaktiska forskningsproblemet: en syntes	9
1.4. Syfte, problemprecisering och disposition	13
2. Fysikdidaktik under nittonhundratalet: en summarisk översikt	18
2.1. Inledning	18
2.2. 1900-1950	21
2.3. 1950-1970	24
2.4. 1970-	32
2.5. Disposition av kapitlen 3, 4 och 5	38
3. Första bilden: två viktiga läromedel	40
3.1. Nuffield Physics	40
3.2. PSSC	45
4. Andra bilden: Piaget i med- och motvind. Kontextberoende inläring	53
4.1. Inledning	53
4.2. Tre komponenter i Piagets forskning	55
4.3. Replikationsundersökningar	59
4.4. "Förutsättningarna!" sade Euklides	63
4.5. Fysikdidaktik genom Piaget-slipade glasögon	66
5. Tredje bilden: i huvudet på en fysikstuderande. Kontextberoende inläring	77
5.1. Probleminnehåll	77
5.2. Implikationer för undervisningen	81

DEL II. FYSIKEN I REALSKOLA OCH GRUNDSKOLA

6. Undersökta och uteslutna skolformer	89
6.1. Icke-obligatoriska skolformer: en översikt	89
6.2. Folkskolan och grundskolan	91
6.3. Skolformer i undersökningen	93
6.4. Uteslutning av folkskolan och grundskolans mellanstadium	93
6.5. Uteslutning av flickskolorna	94
6.6. Uteslutning av de praktiska realskolorna	95
7. Struktureringsprincip	97
7.1. Stadgor och läroplaner	97
7.2. Läromedel	99
8. Stadgor/läroplaner: jämförelser mellan formuleringar om ideologi och mål	104
8.1. Realskolan	104
8.2. Lgr 62	105
8.3. Lgr 69	106
8.4. Lgr 80	106
8.5. Jämförelser	107

9. Stadgor/läroplaner: jämförelser mellan beskrivningar av struktur respektive verksamhet	110
9.1. Timplaner	110
9.2. Jämförelser mellan timplaner	110
9.3. Kursplaner och föreslagna kursinnehåll	113
9.4. Jämförelser mellan kursbeskrivningar	114
9.5. Jämförelser mellan verksamhetsbeskrivningar	121
10. Läromedel: innehållets omfång	125
10.1. Innehållsredovisning av de undersökta läromedlen	125
10.2. Teknikämnet i Lgr 80	132
10.3. Sammanfattning	134
11. Läromedlen: innehållets framställning	139
11.1. Framställningens inriktning	139
11.2. Begreppsframställningar	141
11.3. Fenomenanvändningar	154
12. Läromedlen: analys av uppgifter	158
12.1. Klassificering av uppgifter	158
12.2. Uppgifternas styrningsgrad	164
13. Sammanfattning av och samband mellan stadgor/läroplansanalysen och läromedelsanalysen	168
13.1. Sammanfattning av resultat	168
13.2. Samband mellan stadgor/läroplaner och läromedel	173
DEL III. DISKUSSION	
14. Diskussion och syntesförsök	177
14.1. Diskussion om urvalsprinciperna bakom realskolans och grundskolans fysikinnehåll	177
14.2. Två centrala dikotomier	191
14.3. Lgr 80 och fysikundervisningens innehåll	199
15. SUMMARY	219
15.1. Part I: Aim, Background and Prospect	219
15.2. Part II: Physics in The Junior-High School and in the Comprehensive School	225
15.3. Part III: Discussion	231
TABELLBILAGA	237
LITTERATURFÖRTECKNING	255

DEL I. SYFTE, BAKGRUND OCH UTBLICK

1. BAKGRUND, TEORETISK REFERENSRAM OCH PROBLEMPRECISERING

1.1. Bakgrund



Det var en gång en gammal fysiklärare som blickade tillbaka på sin gärning och gjorde reflexionen: "Tänk - fyra skolreformer har jag varit med om, men jag har då aldrig märkt någon skillnad på min undervisning."

Bästa sättet att ta död på en historia är att med gravallvarligt nit börja analysera dess inre logik och yttre betingelser. Låt oss ändå fundera litet över vad anekdoten säger. Under 1900-talet förändrades vetenskapen fysik, det svenska samhället och den svenska skolan. 1800-talets klassiska mekanik och elektrodynamik befanns otillräckliga. Kvantmekaniken och relativitetsteorin växte fram, medförande såväl en vidgad som en ändrad omvärldsuppfattning. Det svenska samhället övergick i ett högindustrialiserat samhälle. Samhällets utbildningspolitiska intentioner förändrades, och skolformerna förändrades som en återspeglning av samhället: 1919 års undervisningsplan för folkskolan skapade en grundläggande skola för alla, och drygt fyrtio år därefter togs steget fullt ut i och med att parallellskolesystemet byttes ut mot ett enhets-skolesystem. På de senaste 25 åren har tre grundskoleläroplaner stadfästs. Är anekdoten rolig för att den är så orimlig? Eller är den pinsam, för att den är så sann?

Mina funderingar kring den grundläggande fysikundervisningens utveckling initierade denna avhandling. Startpunkten är en översikt över 1900-talets fysikdidaktiska debatt. Med denna som bakgrund detaljstuderar jag hur skolämnet fysik har presenterats i realskolans och grundskolans stadgor, läroplaner och läroböcker. Där har jag granskat så gott som alla läroböckers framställningar av samtliga fysikområden. Vad granskningen visar, jämfört med de didaktiska implikationerna, avrundar avhandlingen - så får vi se, om den gamle fysikläraren borde ha märkt någon skillnad eller ej!

Andra författare har gjort liknande studier (Sjøberg, 1979; EKNA 2, 1979; EKNA 6, 1981; EKNA 7, 1981; EKNA 8, 1981; Eriksson, 1984; Kärrqvist, 1985), men dessa studier har endast avsett enstaka moment och kortare tidsintervall. En heltäckande undersökning har, såvitt jag har kunnat finna, endast gjorts en gång tidigare. Det är Johansons "Kursplanundersökningar i fysik och kemi" (1961). Denna är dock ej så detalje-

rad och hade en annan inriktning. Den avsåg att belysa följande tre aspekter av skolans undervisning i fysik och kemi:

A. Behovet av kunskaper i fysik och kemi efter den grundläggande skolans slut.

B. Resultatet av den grundläggande skolans undervisning i dessa läroämnena.

C. Utformningen i samma läroämnena av den grundläggande skolans undervisning. (Johanson, 1961, s 23)

"Grundläggande skola" betydde här folkskola, allmän och praktisk realskola, kommunal flickskola och enhetsskola. Johansons undersökning hade en klart framåtsyftande inriktning, och den skedde inom ramen för de företrädesvis prospektiva kursplaneundersökningar som gjordes vid lärarhögskolan i Stockholm (se också Dahllöf, 1960).

1.2. Teoretisk referensram

Denna avhandling har en mera direkt fysikdidaktisk inriktning. För att det skall ha en mening måste det självklart finnas en definition av vad fysikdidaktik är, mot vilkens kriteria undersökningen kan mätas. En diskussion av innebörden i begreppen "didaktik" och "ämnesdidaktik" är angelägen även ur den aspekten, att de har blivit modeord och att "nu dyker det upp minst två didaktiker i varje buske" (Malmgren, i Nilsson, 1986, s 33). Reaktionen mot ett stundtals något okritiskt användande av begreppet har ventilerats i debattartiklar (Svedin, 1986a, 1986b, 1986c, 1987; Arfwedson & Arfwedson, 1986). I denna avdelning skall jag försöka att avgränsa begreppen "didaktik", "ämnesdidaktik" och "fackdidaktik" samt att belysa deras inbördes relationer. Vidare ämnar jag redogöra för olika sätt att klassificera didaktisk forskning.

Begreppet "didaktik" har haft skiftande innebörd i olika tider och olika länder. Ordet kan härledas till grekiskan, och den gängse lexikaliska definitionen är "undervisningskonst" eller "undervisningslära". I betydelsen "metodik" förekom det bl a i Comenii "Didactica magna" (1657). Där framställde Comenius undervisningskonstens uppgift vara att "lära alla allt", m a o en så mångsidig allmänbildning som möjligt (Bonniers lexikon, 1964, bd 3, sp 445). Comenius fann fyra didaktiska regler, nämligen:

- lärostoffet skall anpassas efter elevens ålder;
- läraren skall börja med ett ämnes allmänna grunddrag, så att eleven får en överblick;
- man skall gå från det lättare till det svårare och från det bekanta till det obekanta;
- all undervisning skall bedrivas åskådligt. (Landquist, 1963)

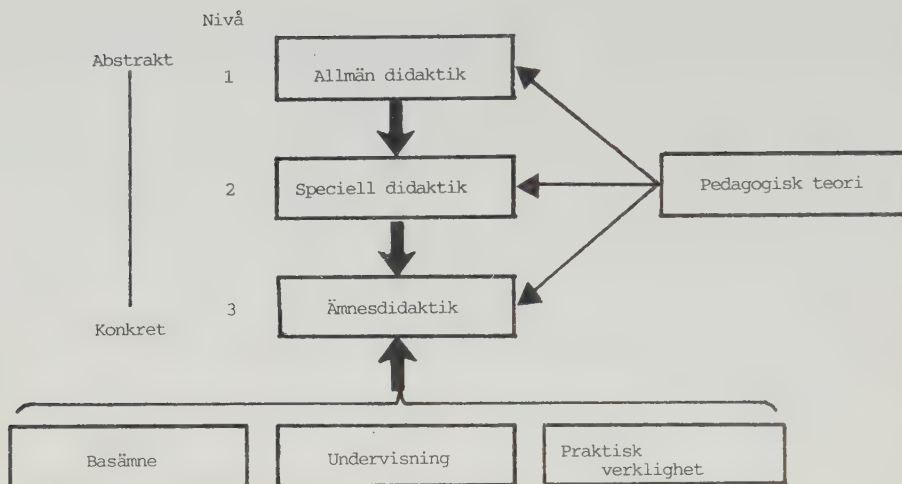
I början av 1800-talet får Comenii inriktning på metodik en fortsättning i Herbarts undervisningslära. Denne ansåg att undervisning och fostran skulle sträva mot att bibringa individen en "sedlig karaktär". Herbart betonade intressets roll i sin skapelseuppfattningspsykologi. Denna tillämpade han på undervisningens organisation i sin formalstadieteori. Enligt den skulle genomgången av nya moment följa ett visst mönster: framställning, förknippning, sammanfattning och användning (ibid).

Som en reaktion mot de stelade former som formalstadieteorin antog sköts metodiken i bakgrunden under första halvan av 1900-talet, och didaktiken antog karaktär av bildningsteoretisk didaktik. Först under 1950-talet kom metodiken åter, bl a under inverkan av behaviourismen (Gundem, 1980, s 13).

Vidare kan man urskilja nationella särdrag i definitionerna av "didaktik". I Tyskland finns en lång tradition av autonom didaktisk forskning, där olika didaktiska skolor har granskat de didaktiska frågorna "Vad? Varför? Hur?" på ett systematiskt och ofta tvärvetenskapligt sätt. I engelsk/amerikansk tradition har fokuseringen närmast skett på "Hur?". En svensk tradition saknas i stort sett. (Arfwedson & Arfwedson, 1986). De senaste tio åren har den nyväckta svenska didaktiska forskningen i huvudsak varit läroplansteori, alternativt en fenomenografisk beskrivning av elevers föreställningar om ämnesspecifika begrepp.

Efter denna snabba översikt kan det vara lämpligt att belysa olika försök att avgränsa didaktiken respektive ämnesdidaktiken. Bruhn (1954) är ett äldre standardverk. I det får didaktik stå för "undervisningslära". Bruhn ser pedagogik, i betydelsen "uppföstringsvetenskap", som den överordnade disciplinen. Pedagogiken har två inriktningar, allmän pedagogik (uppföstrings- och fostranslära) och didaktik. I sin tur delas didaktiken in i läroplansteori (vad som skall läras ut och i vilken sekvensiering) och metodlära (hur undervisningen skall formas). Den presenterade läroplansteorin är, efter nutida mått, ateoretisk. Ej heller diskuteras eventuella kopplingar mellan innehåll och form.

Trettio år senare gör Gundem (1982) en mera utarbetad avgränsning av didaktik. Hon finner tre infallsvinklar på begreppet "didaktik":



Figur 1.1. Ämnesdidaktiken i spänningsfältet mellan teori och praktik (Gundem, i Skagen & Tiller, 1983, s 40; min översättning)

a) Didaktik som teori om undervisning (deskriptiv teori) eller som anvisning om undervisning (preskriptiv teori).

b) Didaktik som vetenskaplig disciplin med egen begreppsapparat och metodologi (en autonom del av pedagogiken) eller som en del av ett ämne i lärarutbildningen.

c) Didaktik på olika nivåer, från allmän didaktik (abstraktast) över speciell didaktik till ämnesdidaktik (konkretast).

Här väljer jag att närmare redovisa den tredje av infallsvinklarna, eftersom den öppnar den största möjligheten att sätta in begreppet "ämnesdidaktik" i en helhet. Ämnesdidaktiken placeras där alltså på den konkretaste nivån under den speciella didaktiken (knuten till särskilda utbildningssituationer, ex vis "högskoledidaktik") och den generella didaktiken (allmänna undervisnings- och inläringssituationer). Gundem (ibid) låter ämnesdidaktiken befinna sig i ett spänningsfält mellan den praktiska verkligheten (skolan och dess omvärld) och basämnet (den vetenskapliga disciplinen). Hon har utarbetat de spänningsgenererande faktorerna noggrannare i Skagen & Tiller (1983) och konkretiserar dem i en figur, som här återges som figur 1.1. Bergendal (i Nilsson, 1986) framför liknande tankegångar.

Ett förtydligande av begreppet "ämnesdidaktik" behövs kanske här. Termen kan ibland leda tankarna i fel riktning, så att man tror att den står i de etablerade skolämnenas eller de vetenskapliga disciplinernas tjänst. Denna tolkning är för snäv.

För det första kan ämnesdidaktik handla om ett visst arbetsområde, exempelvis "Alkohol-narkotika-tobak", eller om ämnesintegrativ undervisning. Avseende det senare kan ämnesdidaktiken diskutera

- vilka bidrag som olika ämnen kan ge i arbetet med ett visst problem;
- vilka ämnesbegrepp som kan "slå en bro" över ämnesgränserna;
- vilka integrationsmodeller som kan tänkas både upprätthålla ämnens egenart och på samma gång förena olika synsätt på fenomenen;
- hur ämnena eventuellt kommer till korta som resurs i problemlösningsprocessen, och vad som eventuellt skall sättas in i stället. (Ålvik, i Skagen & Tiller, 1983, s 18)

För det andra skall inte ett ämnes struktur och innehåll vara ett mål i sig själv. Det skall i stället värderas kritiskt som ett av medlen i en inlärningsprocess.

För det tredje skall inte beteckningen "innehåll" tolkas snävt som exempelvis "Newtons lagar och praktiska tillämpningar av dem". I stället betyder innehåll "de färdigheter, kunskaper och tänkesätt som vi vill utveckla hos dem" (Marton, 1983, s 43).

För att undvika laddningar i ordet "ämnesdidaktik" har vissa författare ersatt det med "fackdidaktik". Om en distinktion över huvud taget existerar, så är den inte entydig. En del författare ser termerna som synonyma. Marton (ibid, s 43) däremot skriver

"Vi kunde låta termen 'fackdidaktik' utgöra alternativet till allmän didaktik, varvid olika fackdidaktiska specialiteter skulle referera till studier av de speciella frågor som är förenade med undervisning om olika innehållsområden eller på olika åldersstadier."

Med denna definition blir Martons "fackdidaktik" närmast en sammanslagning av Gundems "ämnesdidaktik" och "speciella didaktik".

Det övergripande temat för denna avhandling är "undervisning i fysik", företrädesvis på grundskolenivå. Fysik är både en etablerad vetenskaplig disciplin och ett skolämne med anor. Om jag använder "fackdidaktik" eller "ämnesdidaktik" är alltså likgiltigt. Jag kommer i fortsättningen att använda båda termerna och mena samma sak, nämligen "fysikdidaktik". "Fysik" betyder här "fysik som skolämne".

Vad innehåller då begreppet "ämnesdidaktik"? Enligt Gundem (1982) har det två aspekter. Den första är **reflexionsaspekten**, innebärande överväganden om ämnets egenart, innehåll och möjligheter. Dessa överväganden är i sin tur grundläggande för den andra aspekten, **handlingsaspekten**, där man tar beslut om planering och tillrättaläggande av undervisning. För denna avhandlings vidkommande är reflexionsaspekten den mest rele-

vanta. De didaktiska överväganden om skolämnet, som tillhör reflexionsaspekten, strukturerar Gundem (ibid) i tre punkter:

a) Studier av målsättningsprocessen: **varför** och hur ämnet har utvecklats i relation till ämnets berättigande i dagens skola.

b) Studier av skolämnets mål och innehåll, dvs undervisningens **vad**. Skolämnets innehåll är resultatet av ett urval med två sidor. Den ena är det urval som behövs för att realisera läroplanens mål eller för att möta samhällets krav. Dessa två sidor är under lyckliga betingelser kompletterande. Som vi kommer att se är de dock ofta i stället konkurrerande.

c) Förmedlingsproblematik: **hur?** Inläring, tillrättaläggande, värdering av läromedel, ...

Handlingsaspekten kan kopplas till dessa tre punkter som en fjärde dito för att på så sätt knyta ihop de två aspekterna. Ålvik (i Skagen & Tiller, 1983) gör en liknande förteckning, fastän i åtta punkter.

Ovan har jag markerat frågorna "Varför?", "Vad?" och "Hur?", som slagordsmässigt anses karakterisera ämnesdidaktikens problemområden. Det råder emellertid ej samförstånd om vad som skall läggas in i dessa frågor. Låt oss se vilka tolkningar som förekommer.

Bergendal (i Nilsson, 1986) anser, att dessa frågor bör kompletteras med och sättas i relation till en fjärde, nämligen "Vem?" - från vem, av vem, för vem?

Malmgren (ibid) vill i stället se frågan "Hur?" uppdelad i två komponenter. Komponent nummer ett är "Hur?" i meningen "utbildningsmetodisk forskning": receptionsanalys, processanalys, ..., och denna komponent hör samman med "ämnesteorin". Den andra komponenten kopplas till "praktisk handling" och betyder "Hur gör man?", dvs konkret pedagogisk strategi. Mellan dessa två "Hur?"-komponenter och "Varför-vad?" skall det hela tiden finnas en växelverkan.

Malmgren ser sina didaktikkriterier som en utvidgning av Martons (1983), vilka Malmgren anser är för ensidigt inriktade på ämnesdidaktik som forskningsområde. Marton definierar där

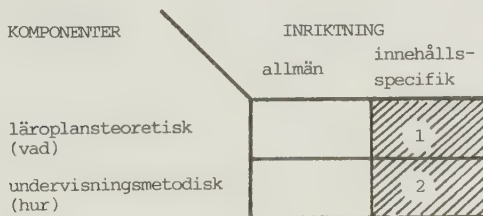
"Fackdidaktisk forskning innebär vetenskapliga studier av frågor som hänger samman med vilket innehåll man väljer att undervisa om och hur man undervisar om detta innehåll." (Marton, 1983, s 64)

Som korollarium anför Marton att den fackdidaktiska forskningen syftar till kunskap om hur eleverna tar till sig ett visst bestämt innehåll. Med det skiljer man, enligt Marton, fackdidaktisk forskning från allmänpedagogisk/psykologisk forskning, vilken även den kan utgå från ett specifikt ämnesinnehåll. Detta behandlas dock instrumentellt som ett redskap

för generella slutsatser. Forskargruppen kring Marton har också kommit att stå för en inriktning mot fenomenografi, dvs kvalitativ kartläggning av individers uppfattningar om fenomen (ett andra ordningens perspektiv). Längre fram i avhandlingen kommer forskningsresultat i denna anda att redovisas.

Englund har tillsammans med Svingby (1982) förespråkat ett samhällsligt perspektiv på undervisningens vetenskapliggörande, där de ämnesmässiga, psykologiska och sociala dimensionerna på denna integreras. I en annan rapport (Englund, 1984a), diskuterar och ifrågasätter Englund Martons ovan refererade slutledning. En läroplansteoretisk forskning, som försöker klargöra undervisningens determinanter, utgör enligt Englund en viktig bas för fackdidaktisk forskning. Skolämnena betraktas som historiska och sociala konstruktioner och får därmed en relativ karaktär. Innehållet i skolämnena spelar ej en enbart instrumentell roll. Tvärtom kan forskningen användas för att påvisa skolämnenas determinanter, vilka i sin tur påverkar stoffets struktur i läroplaner, läroböcker och lektionsframställningar. Denna kontext påverkar naturligtvis elevernas uppfattningar. Genom inblicken i innehållets determinanter minskar man, enligt Englund, risken att låsa kategoriseringen av elevuppfattningarna till exempelvis en bestämd utvecklingspsykologisk referensram.

I en senare version av sin uppsats (Marton, 1986) har Marton tagit kritiken ad notam och inlemmat Englunds och Svingbys synpunkter. Där diskuterar hantvå dikotomier hos didaktikens kunskapsfält och sätter in fackdidaktikens område relativt de två dikotomierna, som figur 1.2 visar. Marton låter rutorna 1 och 2 tillsammans motsvara fackdidaktikens kunskapsområde. Det är en vid definition av fackdidaktik. I en snäv definition skulle endast ruta 1 inbegripas och därmed skilja fackdidaktiken från ämnesmetodiken. (Jfr för allmändidaktik diskussionen om "Didaktik



Figur 1.2. Didaktiska kunskapsfält enligt Marton (1986, volym I, s 62)

im engeren Sinne und im weiteren Sinne", Gundem, 1980.) I Englunds ovan nämnda rapport (Englund, 1984a) utläser man, att bestämning av samhällsliga determinanter, med andra ord "Varför?" bör räknas in i fackdidaktiken. Det verkar som om Marton i figuren 1.2 ovan har tappat bort "Varför?", men så är inte fallet. Han innefattar nämligen "Varför?"-aspekten i "Vad?" och "Hur?":

"Varför i förhållande till vad handlar alltid om mål, intentioner, legitimitet och historisk-samhällelig förklaring. Varför i förhållande till hur handlar om begränsade faktorer som förklaringsgrunder och om förhållanden mellan förutsättningar, metoder och effekter som motivering till undervisningsuppläggning." (Marton, 1986, vol I, s 73)

Till ett vetenskapliggörande hör också att klassificera. Man kan tänka sig flera dimensioner att klassificera fackdidaktisk forskning efter. Marton (1983) har påvisat åtminstone fem sådana dimensioner, vilka återges i tabell 1.1. Marton kommenterar nivåerna:

Tabell 1.1. Klassificering av fackdidaktisk forskning enligt Marton (1983)

DIMENSIONER	KATEGORIER
PROBLEMFÄLT	Val av innehåll Förmedling av ett givet innehåll
PLATTFORM	Ämnesteoretisk: bygger på analyser av och reflexioner kring ämnesinnehållet Praktisk: en systematisk kartläggning av erfarenheter och praxis Beteendevetenskaplig: en utgångspunkt i allmän beteendevetenskap, men där ämnesinnehåll har en fundamental roll och inte bara är ett redskap för att dra generella, ämnesövergripande, slutsatser Ämnesmetodisk: en utgångspunkt i ämnesmetodikens egna problem, ex vis elevers föreställningar i fysik, klassrumsprocesser, ...
BESKRIVNINGSNIVÅ	Systemnivå: frågor som griper över individer, klasser, skolor Undervisningsnivå: analyser av undervisningsförloppet och undersökningar av hur och med vilka effekter ett visst innehåll kan läras ut Individnivå: hur individer förvärvar kunskaper, insikter, färdigheter
BETEENDEVETENSKAPLIG BAKGRUND	Behaviouristisk: fokus på vad eleven gör i stimulus-respons-termer Kognitivistisk: fokus på vad och hur eleven tänker Funktionalistisk: grund i beteendedata, men dessa grupperas i funktionellt likvärdiga beteenden som representerar egenskaper eller insikter, och man försöker påvisa relationer: kreativitet - kunnande i fysik, ... Cognitive Science: inläring behandlas som informationsbehandling med analogier från datorområdet
METOD	Kvantitativ Kvalitativ

"Det är dock ingalunda mitt syfte att åstadkomma en genomarbetad och täckande taxonomi för klassificering av fackdidaktisk forskning, eftersom det jag i första hand vill åstadkomma är inte så mycket vad som skiljer den ena typen av fackdidaktisk forskning från en annan typ utan snarare att dra upp en skiljelinje mellan det som är fackdidaktisk forskning och det som inte är det." (ibid, s 64)

Jag har här visat på skilda sätt att dra skiljelinjen. Någon enighet om definitionen av "ämnesdidaktik" verkar inte existera. I nästa avdelning skall jag försöka göra en syntes. Det betyder ej, att jag gör anspråk på att formulera en definition som genom ett trollslag får skiljekriterierna att konvergera. Syntesen skall i stället tolkas som min uppfattning av vad "fysikdidaktik" är, så att jag har ett arbetsredskap för mitt fortsatta arbete.

1.3. Det fysikdidaktiska forskningsproblemet: en syntes

Rubriken låter förstå att jag begränsar mig till fysikdidaktik. Min avhandling gäller i huvudsak fysikämnet. Övergripande målsättningar berörs endast i mån av relevans för fysikämnet. Jag avstår därför från en utredning av allmändidaktik kontra ämnesdidaktik. Den aviserade avgränsningen och definitionen av fysikdidaktik redovisar jag i sex punkter. De har sin bakgrund i översikten i avdelning 1.2.

1. Fysikdidaktiskt kunnande hämtas från både empiriska och teoretiska kunnandeområden. Det empiriska området är fysikundervisningens reella kontext i skolan. Det teoretiska området är relaterat till vetenskapliga discipliner.

2. Fysikdidaktiskt kunnande får bidrag från åtminstone fyra källor. Två av källorna hör till det empiriska området: lärarnas utformning av undervisningen respektive skolämnets fysik framtoning i läroplaner och läromedel. De två andra källorna förs till det teoretiska området: vetenskapen fysik respektive vetenskapen pedagogik (med anknytningar till psykologi, sociologi, ...).

Observera att vetenskapens fysik inflytande är tvåfaldigt. Det ena inflytandet är det omedelbara: att vara en grund för urvalet av skolämnets innehåll. Det andra inflytandet är ej lika direkt men väl så viktigt, nämligen att vetenskapen fysik har påverkat synen på kunskapens natur.

På ett plan ovanför den observerbara verkligheten finns de empiriska vetenskaperna (fysik, kemi, biologi, ...), där kunskap om den observerbara verkligheten systematiseras. Ytterligare ett plan högre upp befinner sig vetenskapsteorin, där kunskap om kunskap systematiseras. Men vetenskapen fysik har en unik betydelse för vetenskapsteorin. Genom att den anses vara den högst utvecklade vetenskapen har fysiken tjänat som mönster inom vetenskapsteorin. Fysikens kunskapssyn inverkar därmed på vetenskapsteorins ställningstaganden. Den moderna fysikens uppfattning om tid och rum, samtidighet, kausalitet och observationer skiljer sig från den klassiska fysikens "common-sense"-uppfattningar. Detta har konsekvenser för synen på vad kunskap är och hur den vinnes. (Se även avd 2.1.) Genom att bidra till en ändrad kunskapsuppfattning bidrar därmed vetenskapen fysik mera genomgripande än att endast erbjuda lärostoff.

3. Fysikdidaktiskt kunnande har två komponenter. De är "fysikdidaktik som undervisningslära" och "fysikdidaktik som forskningsfält". Mellan dessa komponenter sker, under goda betingelser, en växelverkan. Undervisningslärans tillämpning ger en teorigenererande empiri till forskningen. Teorin tillämpas i sin tur i undervisningsläran.

4. Fysikdidaktikens forskningsfält är till att börja med valet av innehåll i fysikundervisningen. Det innebär ett val av konkret lärostoff, avgränsat genom en mer eller mindre väldefinierad kursplan, en lokal arbetsplan, en lärobok eller motsvarande. Men lärostoffet kan inte väljas slumpmässigt. Den som väljer måste ha klart för sig vad som är värt att kunna. Överordnat det konkreta lärostoffet finns således ett val av värden som leder till en princip för hur detta skall väljas. Den fysikdidaktiska forskningen kan fokusera på endera eller på båda av innehållsnivåerna. Ur en kartläggning av värdena och urvalsprinciperna kan lärostoffet härledas. Omvänt ligger i ett givet val av lärostoff en implicit princip, som forskningen kan lyfta fram och göra explicit. Slutligen kan forskningen genom att analysera såväl värden och principer som lärostoff pröva den logiska koherensen.

5. Fysikdidaktisk forskning innebär även studium av innehållets förmedling, undervisningens form. Grundläggande för valet av form är en uppfattning om hur individen vinner kunnande. Ett exempel är motsatsparet empirism/konstruktivism, vilket jag diskuterar noggrant i kapitel 14. Kunnandeuppfattningen är knuten till en inlärningsansats, eftersom man

trivialt strävar efter en så god inläarning som möjligt. "God" definieras då ur värdena och kunskandeuppfattningen. Inlärningsansatsen kan vara empirisk ("Gör som lärare så och så, för då funkar det ...") eller teoretisk ("Utgående från Piagets teori för den kognitiva utvecklingen, så ...). Ur kunskandeuppfattningen och inlärningsansatsen följer en form. Även här kan den fysikdidaktiska forskningen lägga tonvikten olika. Diskussionen i punkt 4 om innehållet låter sig lätt översättas till motsvarande om formen.

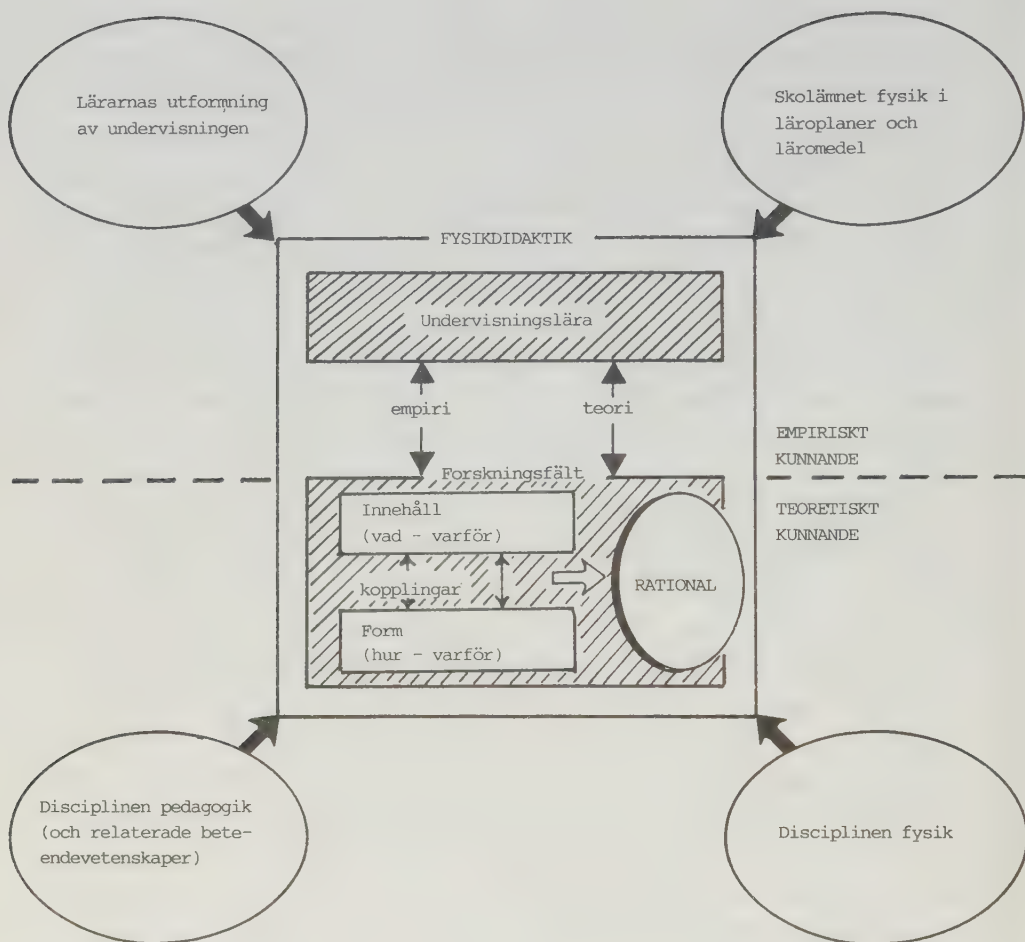
6. Fysikdidaktikens forskningsfält får inte begränsas till ett antingen- eller av de två närmast föregående punkterna, även om tyngden i en enskild studie kan ligga förskjuten åt endera. Innehåll kan nämligen ej isoleras från form och vice versa. Det finns kopplingar på båda håll mellan dem.

a) Formen har konsekvenser för omfånget och valet av innehåll. En typ av form kan bygga på att eleven ställs inför ett fenomen som innebär ett problem. Han ställer en hypotes om lösningen och gör förutsägelser om hypotesens empiriska konsekvenser, vilka han testar mot observationsdata om fenomenet. Ur testen kan han vinna nytt kunskande. Detta är den hypotetisk-deduktiva metoden (Fhanér, 1979). Ett exempel på en form med hypotetiskt-deduktivt syfte är SCIS/LMN:s inlärningscykel: "fri undersökning, begreppsintroduktion, begreppsanvändning". Det tar tid att tillämpa inlärningscykeln. Härur följer en begränsning av innehållets omfång. Man kan ej heller helt förutsäga vilket kunskande som eleverna vinner i den fria undersökningen, dvs hur de tolkar observationsdata i ljuset av sina föreställningar. Det har konsekvenser för fortsättningen av inlärningscykeln och ger alltså en viss "luddighet" i innehållets avgränsning.

En annan form kan innebära att eleven eller läraren gör en serie experiment, vilka han försöker generalisera till teori. Metoden är induktiv (ibid). De flesta realskole- och grundskoleläroböcker i fysik bygger på den induktiva formen (se kap 8 och 11). Det är en organisatoriskt striktare form som kan medge en större omfattning och en klarare avgränsning av stoffet.

b) Formen kan vara ett innehåll i sig. Till exempel kan ett syfte med att välja en hypotetisk-deduktiv form vara att lära eleverna att tillämpa den naturvetenskapliga processen för att därmed kunna arbeta som naturvetare gör (se även kap 14). På så sätt blir formen inte bara ett medel utan även ett mål, dvs en beståndsdel i innehållet.

c) Innehållet har konsekvenser för formen. Så medför till exempel ett teoretiskt och matematiskt orienterat stoff att teoretiska räkneupp-



Figur 1.3. En modell för fysikdidaktik

gifter är relevantare än laborationer. Ett annat exempel är att en resonerande framställning av samband i "ju-desto"-form inte ställer krav på noggranna mätvärden utan tillåter mera kvalitativt inriktade laborationer.

Kontentan av resonemanget i denna punkt är, att fysikdidaktikens forskningsfält framför allt blir att undersöka kopplingarna mellan och inom innehåll och form i termer av kopplingarnas rationalitet. Fysikdidaktikens problem blir därmed att genom analys härleda logiska grunder, *rationaler*, för undervisningen. Utgående från ett specificerat val av värden och kunskandeuppfattning skall forskningen vidare härleda och pröva

hur innehåll och form skall kunna växelverka för en rationell fysikundervisning. "Rationell" betyder här logiskt koherent och samstämd med valet av värden och kunnandeuppfattning. Därmed kan forskningen ge grunden för fysikdidaktik som undervisningslära. Där är vi inte än. Min förhoppning är att den följande framställningen skall visa en del vägar dit - må vara, att några av dem knappt är upptrampade.

Den modell av fysikdidaktik, som jag har diskuterat i ovanstående sex punkter, kan grafiskt åskådliggöras så som figur 1.3 visar. Modellen får utgöra en didaktisk referensram för avhandlingen.

1.4. Syfte, problemprecisering och disposition

Den fysikdidaktiska forskningen skall således analysera kopplingarna mellan och inom innehåll och form i fysikundervisningen avseende kopplingarnas rationalitet. Tonvikten i en enskild studie kan ligga på endera innehåll eller form, men fokuseringen på prövningar av den logiska koherensen är övergripande. Denna avhandling syftar till att belysa aspekter på valet av innehåll. Som redovisats i punkt 4, avd 1.3, innebär detta dels ett val av värden som leder till principer för hur lärostoffet skall väljas, dels ett val av konkret lärostoff. Mera precist avser jag att detaljstudera sex frågor:

1. Vad skriver läroverksstadgor och grundskoleläroplaner om mål för samt val och organisation av fysikämnets lärostoff?
2. Vilket är det konkreta lärostoffet i motsvarande läroböcker?
3. Vilka kopplingar kan härledas inom olika nivåer på stadgor/läroplaner respektive mellan stadgor/läroplaner och läroböcker?
4. Vilka urvalsprinciper kan härledas bakom detta lärostoff?
5. Kan lärostoffet väljas efter andra principer?
6. Vilka konsekvenser för urval och sekvensiering av stoffet skulle i så fall dessa senare principer få?

Frågorna behandlas i en delvis annan ordning i avhandlingen. Jag försöker besvara de tre första frågorna med hjälp av en empirisk undersökning, medan jag söker material till femte frågan i en litteraturgenomgång. Dispositionen blir enligt mitt förmenande bäst om jag börjar med litteraturgenomgången och därefter redovisar den empiriska undersökningen,

vilken utgör avhandlingens tyngdpunkt. Svaren på frågorna fyra, fem och sex håller jag samman i en avslutande diskussion. Avhandlingen består därför av tre delar, och jag skall här redogöra litet mera detaljerat för dispositionen.

Första delen, kapitel 1-5, skall ge en bakgrund och en utblick. Den ger underlag för en diskussion av fråga fem. I kapitel 2 redovisar jag en resumé över fysikundervisningens debatt och förändring under 1900-talet. Efter det studerar jag "tre fysikdidaktiska bilder". Den första av dem (kap 3) visar två läromedel, vilka markerar brytpunkter med läromedels-traditionen runt 1950-talet. I den andra och den tredje bilden granskar jag två forskningsinriktningar: dels den utvecklingspsykologiskt baserade fysikdidaktiken med Piaget som galjonsfigur (kap 4), dels den relativt nya och expanderande forskningsgren som studerar elevers föreställningar i fysik (kap 5).

Första delen är en analys av rationalerna bakom fysikundervisningens "två vågor". (Begreppen "första vågen" och "andra vågen" definieras i kap 2.) De innebär en betoning av den naturvetenskapliga processen i fysikundervisningen, där kopplingen mellan innehåll och form är stark. Klassificeringen av de tre fysikdidaktiska bilderna blir dock ej enhetlig. Första bilden visar fysikdidaktisk forskning på ämnesteorietisk plattform och systemnivå, medan den andra bildens Piagetinspirerade fysikdidaktik har en kognitivistisk beteendevetenskaplig plattform på individnivå. Tredje bilden, föreställningsforskningen, innebär en ämnesmetodisk plattform med kognitivistisk bakgrund, oftast på individnivå.

I den **andra delen**, kapitel 6-13, återfinns en beskrivning av innehållet i den grundläggande fysikundervisningen med början i 1905 års läroverksstadga och avslutning i Lgr 80. Grunden för beskrivningen är vad stadgor, läroplaner och metodiska rekommendationer skriver om fysikämnet samt hur detta konkret tagit form i läroböckerna. Andra delen penetrerar alltså de tre första undersökningsfrågorna.

Bakgrunden till att jag anser läroplaner/stadgor och läroböcker meningsfulla som databärare i detta sammanhang är tre påståenden:

1. Stadgor och läroplaner innehåller mål- och regelbeskrivningar, som skall följas.
2. Kursbeskrivningar och metodiska rekommendationer styr läroböckernas innehåll.
3. De flesta lärare låter läroböckerna styra undervisningen.

Ett läroplansdokument innehåller skrivningar på olika styrningsnivåer. Det finns skilda sätt att klassificera skrivningarna. Svingby (1982a) beskriver läroplansbegreppet på s 110-112 och förlägger styrningsgraden längs en dimension, där ytterpunkterna är (s 112):

"a) Direkt tillämpbara delar, som i allmänhet inte behöver ytterligare konkretiseras och tolkas: Vi kan kanske exemplifiera med klasstyp (skolform), timplaner, ämnesfördelning och möjligen betygssystem. Läroplanens styrning utövas då mycket direkt genom föreskrifter som klart bestämmer utrymmet för handling.

b) Styrningen kan å andra sidan utövas på ett indirekt sätt genom att en bestämd ideologi förmedlas till lärarna. Detta sker genom delar, som måste tolkas och konkretiseras innan de kan tillämpas: Allmänna mål, kursplaner, anvisningar och kommentarer."

Påståendena ett och två får alltså ses i relation till denna beskrivning av styrningsgraden. Ett läromedel utgör sålunda en tolkning och en konkretisering av läroplanens föreskrifter. Avhandlingen kommer förhoppningsvis att belysa hur föreskrifterna för fysikämnet tolkats och hur mycket tolkningarna skiljer sig. Englund (i Lundgren, Svingby & Wallin, 1982, s 51) säger med referens till flera källor att man visserligen kan skilja ut olika läroplanstolkningar i jämförelser mellan läromedel, men att de ofta är variationer inom en och samma tradition. Skillnaderna är alltså knappast djupgående.

Påståendet tre är välbekant, i alla fall för de flesta lärare. 1928 års läroverksstadga gör ett försök att reducera lärobokens betydelse:

"De arbetsuppgifter, som föresätts lärjungarna, böra underkastas den förberedande behandling, som graden av lärjungarnas utveckling samt de särskilda uppgifterna på grund av sin natur göra erforderlig. I varje fall bör en dylik förberedelse väsentligen avse att anvisa lärjungarna utgångspunkter och medel att på egen hand söka arbeta sig fram till ökat vetande. Då lärobok begagnas, skall den huvudsakligen användas för att stödja och sammanhålla vad lärjungarna under lärarens ledning redan vid undervisningen tillägnat sig." (1928, s 33)

1955 års undervisningsplan för rikets folkskolor suckar dock (s 7): "Erfarenheten visar, att undervisningen ofta mindre bindes av kursplanen än av den använda läroboken."

Gustafsson redovisar (i Lundgren m fl, 1982) i sammandrag en undersökning om läromedlens styrande funktion i undervisningen. Hon använder fem aspekter på styrningen (s 83):

- metodisk påverkan;
 - innehållslig påverkan: stoffurval och sekvensiering, språk samt ideologi;
 - inlärningsmässig påverkan,
- och hon finner (s 86, s 92-93), att

a) en rangordning av styrningsaspekterna tvärs över de undersökta ämnena (sv åk 3, eng åk 5, NO åk 7-9, sh gy, arbetslivsorientering gy,

el-teleteknik gy, eng vux) blir

- stoffurval och sekvensiering;
- språk;
- inlärninng;
- ideologi;
- metodik;

b) läromedlen blir kvalitativt mera dominerande, ju mera strukturerade (= logiskt uppbyggda) ämnen det är fråga om. NO-ämnena på högstadiet kom på andra plats.

Svingby (ibid, s 165-207) diskuterar läromedlens styrning i liknande termer som Gustafsson. I en undersökning av läromedlens styrning måste man, enligt Svingby, se denna i relation till såväl stoffval som arbets-sätt och de kunskapskrav som ställs. Vidare kan läromedlen styra olika hårt på skilda skolor. Undervisningens kontext är alltså en relevant variabel, som dock inte beaktas i denna avhandling (se motivering nedan).

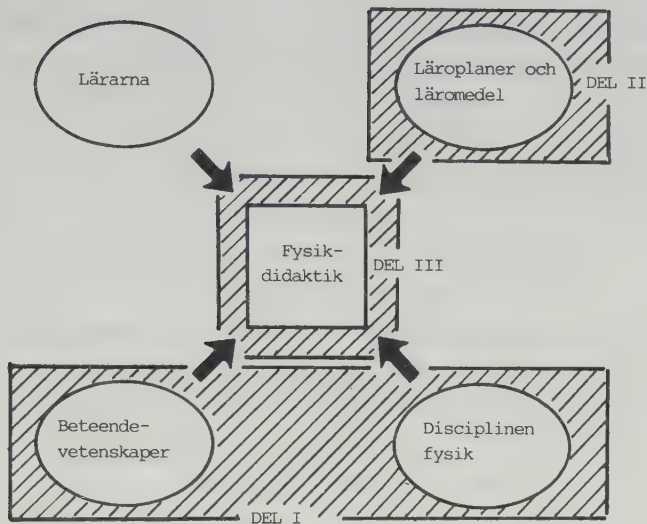
Ur en annan källa (Svingby, 1982a, s 230) kan följande citat anföras:

"När det gäller innehållet har läromedlen alltsedan grundskolans införande fått en fast etablerad ställning som uttolkare och preciserare av kursinnehåll och krav. Denna ställning fick läromedlen i övergångsskedet till grundskolan, då många lärare framför allt på högstadiet saknade en tradition inom den nya skolan och dess ämnen."

Med stöd av dessa citat skulle en undersökning av främst läromedlens innehåll kunna ge en någorlunda rättvisande bild av vad ämnet fysik innehållit i realskolan och i grundskolan. Även om beskrivningen börjar i stadgor och läroplaner, så ligger dess tyngdpunkt på läromedlen.

I relation till den didaktiska modellen så studerar jag i del II kopplingarna mellan innehåll och form på och mellan två abstraktionsnivåer. Jag betraktar dels samspelet inom stadga/läroplan respektive läromedel avseende innehåll och form, dels kopplingarna mellan stadga/läroplan och läromedel i samma avseende. Om man vill sätta ytterligare etiketter på del II, så kan man säga att resultaten är på systemnivå och vilar på ämnesteoretisk plattform.

Tredje delen består av ett kapitel, kap 14. Där diskuterar och sammanfattar jag de olika rationalerna för val av innehåll och form, med andra ord undersökningsfrågorna fyra, fem och sex. Delen innehåller avslutningsvis ett ställningstagande för den kognitivistiska ansatsen. En nödvändig, och möjligen tillräcklig, förutsättning för en kognitivistisk psykologi är en konstruktivistisk kunskandeuppfattning: att individen har tankemönster och föreställningar om omvärlden, med vilkas hjälp han väljer ut och bearbetar information till en konstruktion av sitt kunskande.



Figur 1.4. Avhandlingens tre delar i relation till den didaktiska modellen

Jag tillämpar den konstruktivistiska kunskansuppfattningen på en diskussion av urvalsprinciperna bakom fysikundervisningens innehåll enligt Lgr 80. Insnävningen mot innehåll är en följdriktig avslutning i enlighet med avhandlingens övergripande inriktning. Tredje delen utmynnar således i en formulering och tillämpning av ett "rationalfragment". I figur 1.4 sätter jag avhandlingens tre delar i relation till den i avdelning 1.3 redovisade didaktiska modellen. Figur 1.4 visar en asymmetri. Avhandlingen berör ej faktorn "lärarnas utformning av undervisningen". Denna brist är en medveten avgränsning, eftersom jag anser att asymmetrin skulle bli värre om lärarfaktorn inleddes. Motiveringen är som följer. I den empiriska läroplans- och läroboksundersökningen, del II, gör jag jämförelser i tidsintervallet 1905-1985. Då är det viktigt att jämförelsematerialet är likvärdigt genom hela intervallet. Läroverksstadgor, läroplaner och fysikläroböcker finns bevarade i full utsträckning. De lärare som undervisade i de tidigare realskoleformerna lever däremot ej längre. En undre gräns för direkt information om hur lärare utformade sin undervisning är kanske 1940. Härigenom får jag ej likvärdig information om denna påverkansfaktor under hela intervallet, och därför har jag valt att utesluta den helt.

2. FYSIKDIDAKTIK UNDER NITTONHUNDRATALET: EN SUMMARISK ÖVERSIKT

2.1. Inledning

Det på senare år framsprungna intresset för ämnesdidaktik kan kanske ge intrycket att fysikdidaktiska överväganden är ett helt nutida fenomen. Så är möjligen fallet i Sverige. Här har debatten mestadels haft en icke-ämnesspecifik inriktning mot olika, enligt förespråkarna allena saliggörande, undervisningsmetoder. I andra länder kan man däremot finna fysikdidaktisk forskning om både innehållsurval och metoder, i flera fall väl-etablerad sedan årtionden tillbaka. I detta kapitel ger jag en summarisk översikt över fysikdidaktik under samma tidsintervall som avhandlingens andra del spänner över, nittonhundratalet. Jag begränsar mig till USA och Västeuropa, då utvecklingen där är den fylligast dokumenterade. De källor, som jag lutar mig mot i min framställning, är Harbo (1967), Bruner (1970), Hahn, Töpfer & Bruhn (1970), Bøe (1972), Shulman & Tamir, i Travers (1973), Bloch et al (1975), Baez (1976), Frey et al (1977), IPN-Report in Brief, nr 11 (1979), Sjöberg (1979), Gundem (1980) och slutligen Moyer (1981). Två seminarier, som professor Harbo höll 1981 på pedagogiska institutionen i Uppsala, har också givit mig bakgrundsinformation.

Det visar sig lämpligt att dela in nittonhundratalet i tre delintervall med kvalitativt skilda karakteristika, nämligen

- 1900-1950;
- 1950-1970;
- 1970- ,

där årtalen skall ses som ungefärliga avgränsningar med variationer mellan länderna.

Man måste ha en bild av vetenskapens fysik expansion under nittonhundratalet som en kuliss bakom i synnerhet detta kapitel och förmodligen bakom hela avhandlingen, för att vissa steg i fysikdidaktikens progression skall verka logiska. Utrymmet medger ej en fysikhistorisk översikt. Jag får nöja mig med att ge några litteraturanvisningar och peka på fundamentala karakteristika.

Som källor för den klassiska fysikens utveckling kan Singer (1982) och, i viss mån, Goldstein (1969) användas. Antikens och medeltidens

mekanik framställs i Sjøberg (1981b). Optikens idéhistoria skisseras i EKNA-rapport nr 8 (1981), i vilken också ges andra referenser. Den moderna fysikens idéer kan hämtas ur många läroböcker och översikter i fysik, exempelvis Russell (1962), Weidner & Sells (1966-68), Gerholm (1966), Staffansson (1968), Goldstein (1969), Hutten (1970), Rosser (1971), Larsson-Leander (1971), Pagels (1986) samt Svenska Fysikersamfundets årsböcker "Kosmos" (särskilt Kosmos 1987, "Fysikhistoria").

Fysiken är en gammal vetenskap i betydelsen "naturbeskrivning". Astronomin och geodesin kan härledas tillbaka till babylonisk vetenskap, nära 2000 f Kr. Det grekiska tänkandet utvecklade dessa grenar samt ökade fysiken med mekanik och optik. Galjonsfigurerna inom antikens fysik är Aristoteles (384-322 f Kr) och Ptolemaios (ca 100-160). Deras världsfilosofier anammades av den framväxande katolska kyrkan. Teologins starka grepp över tänkandet bromsade fysikens utveckling, eftersom all naturvetenskap måste utgå från Aristoteles.

Mot slutet av medeltiden hade observationsmetoder och mätinstrument förfinats i så hög grad, att man allmänt började förstå att Aristoteles var en koloss på lerbettor. Hans teorier kunde inte räddas med justeringar utan måste bytas ut. Paradigmskiftet skedde under femton- och sextonhundratalet. Inom astronomin raserades antikens teoribyggnader av Copernicus och Tycho Brahe för att kulminera med Keplers rörelselagar för planeterna. Mekaniken systematiserades av Galilei (1564-1642). Med honom börjar den mekaniska eran, där all rörelse förklaras med krafterns verkan.

Galilei införde det systematiska experimentet som källan till allt kunnande. Fysiken vidareutvecklades i accelererad takt. Mot artonhundratalets slut hade den enorma empirin systematiserats till en monumental teoribyggnad, den klassiska fysiken. Mekaniken beskrevs i kraftfull form av Leibniz, Eulers, Lagranges, Laplaces och Hamiltons formaliseringar av Newtons rörelselagar. Elektromagnetismen, och därmed ljuset, gavs en framställning i Maxwells fyra differentialekvationer, vilka absolut måste ses som en skönhetsupplevelse. Den klassiska fysikens karakteristika kan beskrivas i tre punkter:

1. Mätningar kan göras objektiva och absoluta.
2. Rum och tid kan beskrivas med euklidesk metrik.
3. Världssystemet är mekaniskt och determinerat i så avseende att om man känner dess tillstånd vid en viss tidpunkt, så kan man ur dessa randvillkor i princip härleda systemets tillstånd vid varje annan tidpunkt.

Den klassiska fysiken stod på topp vid artonhundratalets slut och

ansågs mäktig att förklara allt. Fysiken var färdig. Några få irriterande diskrepanser återstod att försöka passa in, och man trodde sig själv säkert om att klara det. Vi som sitter med facit i handen vet, att dessa diskrepanser i stället påvisade den klassiska fysikens begränsningar och ledde till utvecklandet av en fysik för atomens värld, **kvantmekaniken**, och en fysik för kroppar som rör sig med farter i närheten av ljusets och/eller befinner sig i ett gravitationsfält, **relativitetsteorin**. Ej heller dessa fysikgrenar är fulländade: kvantmekaniken är ej relativistisk, och relativitetsteorin är ej kvantiserad. Man försöker knyta ihop de båda teorierna inom kvantfältteorin. På senare år har fysikerna sökt efter kvantfysikens och relativitetsteorins minsta gemensamma nämnare i s k Kaluza-Klein-teorier. Dessa teorier beskriver rum-tiden i fler än fyra dimensioner och försöker ge en enhetlig modell för de fyra typerna av växelverkan (stark, svag, elektromagnetisk och gravitationell).

Den moderna fysikens genombrott innebar sålunda ett nytt paradigmskifte, vilket syns tydligast om dess karakteristika listas som motut-sagor till den klassiska fysikens:

1. Hur noggranna man än försöker göra sina mätningar, så finns det en grundläggande obestämthet som man inte kan underskrida. Mätobjektet växelverkar med mätinstrumenten och har därför ej samma tillstånd före som efter mätningen.

2. Rum och tid måste, som en konsekvens av den universella gravitationen, beskrivas med icke-euklidesk metrik.

3. Eftersom en partikels tillstånd ej kan anges exakt utan endast i termer av sannolikheter, så kan ett system ej vara fullständigt determinerat. Man har en statistisk kausalitet.

Den moderna fysiken, eller rättare sagt den moderna fysikens tillämpningar, har haft genomgripande inflytanden på vår vardag. Kärnenergin på gott och ont är ett nästan övertydligt exempel. Fasta tillståndets fysik, där kvantmekanik och statistisk fysik tillämpas på fasta ämnens egenskaper, har legat till grund för halvledarteknologien som möjliggjort datorernas snabba insteg snart sagt överallt i vardagslivet. Man måste dock komma ihåg, att ovanstående karakteristika inte är realiteter i vår omedelbara vardag. Där rör sig föremålen så sakta, att relativistiska effekter ej kan spåras. Föremålen är också så stora, att kvanteffekterna är försumbara. Relativitetsteorins och kvantmekanikens samband reduceras till de välkända klassiska sambanden. För den observerbara omvärlden är Newtons mekanik en god approximation.

2.2. 1900 - 1950

Runt sekelskiftet gällde fortfarande formalbildningsteorin som grund för undervisningen. Barnets intellekt antogs bestå av olika "förmögenheter", exempelvis minne, logiskt tänkande, ... Undervisningen skulle träna dessa förmögenheter. Oavsett vad barnet lärde sig, och även om han glömde det inpluggade, skulle han därmed ha skärpt tankeförmågan så att han var intelligentare. En drillning i exempelvis latin och grekiska eller i Euklides' geometri ansågs dessutom inte bara stimulera de förmögenheter som direkta hade med språk och matematik att göra. Genom "medövning" eller "överspridning" spred sig stimulansen även till andra förmögenheter, så att eleven hade den till godo när helt andra områden behandlades. Med Sverige som exempel finner vi i 1905 års läroverksstadga under rubriken "Allmänna grunder för undervisningen" följande (1910, s 22):

"Vid undervisning i läroämnen skall i första hand tillses, att den harmoniska utvecklingen af lärjungarnas anlag och förmögenheter icke må stå tillbaka för inhämtandet af minneskunskaper. Läraren bör därför bemöda sig att låta den fortgående utvidgningen af lärjungarnas kunskapsmått städse syfta till att främja utvecklingen af deras förmåga att rätt tillägna sig, ordna och använda hvad de vid undervisningen inhämta."

Längre fram i stadgan finner man metodiska anvisningar för realskolans undervisning i biologi, fysik och kemi (ibid, s 216 ff). Där återfinner man förmögenhetstänkandet i exempelvis följande citat (där markeringarna är mina):

"... måste stor vikt läggas på undervisningens noggrannhet samt experimentets ändamålsenliga anordning. Stor omsorg bör äfven ägnas analysen af det iakttagna, så att kunskapsmaterialet på ett för lärjungens utveckling fruktbringande sätt af honom tillägnas."

"Endast sådana delar /av ämnet/ böra medtagas, hvilka på samma gång de motsvara lärjungarnas ståndpunkt, äga verkligt värde, vare sig på grund af sin betydelse i naturen eller för det praktiska lifvet eller emedan de äro i särskild grad ägnade att främja lärjungarnas allmänna utveckling och väcka deras intresse för naturen."

I USA kom formalbildningsteorin under debatt vid sekelskiftet. Debatten beskrivs i en artikel av Moyer (1981) och refereras även i Marton (1983). Den initierades av Edwin H Hall, som var fysiker vid Harvard och tongivare inom fysikundervisningen i "secondary education" (närmast motsvarande realskolan och gymnasiet i Sverige). Hall vände sig mot de teorier om utveckling och inläring som lades fram av hans namn G Stanley Hall och av Edward L Thorndike. I en bok om fysikmetodik skrev han:

"I have some apprehension lest the conscious study of this art will be accompanied by an over-conscious attention to the philosophy of the art, with the possible result of setting up a more ponderous system of mental machinery than can be used to advantage in the very practical, common-sense business of teaching young people." (Moyer, 1981, s 221)

Bakom Edwin Halls "sunt-förnufts"-ansats till fysikundervisning låg en formalbildningsteori gömd. Den blev synlig i hans uttalanden att fysik lästes delvis för träning och delvis för information. En mycket stor del av den mentala träningen gavs, menade han, av experiment. Dessa stärkte observationsförmågan och förmågan till logiskt tänkande utöver vad en lärobok kunde åstadkomma.

Formalbildningssynen delades av flera av hans samtida, ehuru de inte erkände den som en psykologisk teori, utan likt Hall ansåg den vara en produkt av sunda förnuftet. Charles W Eliot publicerade 1893 en kommitté-rapport med förslag om omorganisering av secondary school. Där fanns åtskilliga referenser till "att träna förmågan till observation, minne, resonemang, ...". Ändå kommenterar han 1901

"... in the meetings of that committee I never heard the word psychology ... uttered; and I doubt if any member of that committee was affected in his labors by any psychological considerations." (ibid, s 222)

Nu framträdde G Stanley Hall, psykolog och rektor vid Clark University, på scenen. Mellan 1901 och 1904 publicerade han angrepp på den rådande fysikundervisningen. Han härledde dess förfall till Eliots kommittérapport och ansåg, att exempelvis nedgången i studeranderekrytering- en berodde på att undervisningens uppläggning gjorde våld på elevernas naturer och behov. Han framställde en utvecklingspsykologi, som kallades **rekapitulationsteorin**. I korthet gick den ut på att barnet i sin utveckling genomlöpte, "rekapitulerade", sitt släktes utvecklingshistoria. Tillämpad på fysikundervisning innebar den att eleverna måste rekapitulera fysikens idéhistoria för att lära sig fysik. Hall särskilde fyra stadier i vad han kallade den "genetiska ordningen":

- den förvetenskapliga åldern: känslomässig eller mytisk inställning till naturen;
- den humanistiska åldern: populärvetenskap;
- den nyttoinriktade åldern: praktiska tillämpningar av vetenskapen;
- den rena vetenskapens ålder: lagar och abstraktioner.

Matematisk exakthet kom sent in i fysikens historia, och alltså även i barnets utveckling. Därför innebar undervisningens tonvikt på mätnoggrannhet och kvantitativa data ett våldförande på lagarna för ungdomens utveckling. "We are prone to forget, that we can only accelerate nature's way, but never short-circuit it without violence." (ibid, s 223)

Halls kritik och teorier togs ad notam av en grupp yngre fysiklärare, som 1906 bildade "The New Movement among Physics Teachers". De arbetade för en mera elevrelevant framställning av fysiken i undervisningen samt

skrev bl a läroböcker och debattartiklar, vilka tillämpade Halls utvecklingspsykologi. Halls stjärna lyste dock endast under nittonhundratalets första decennium för att sedan dala och ersättas med Thorndikes.

Edward L Thorndike var professor i psykologi vid Columbia University 1904-1940. Hans experimentella studier från 1901 granskade formalbildningsteorin och falsifierade den till stor del. Den påstådda överspridningen från ett område till ett annat fungerade bara om de hade gemensamma erfarenhetsmässiga eller begreppsliga element. Om en fysiklärare hoppades att kunna träna sina elever att lösa problem vetenskapligt inom andra fält än fysik, så måste han först identifiera "identiska element" som exempelvis stoff, metoder eller elevernas emotionella reaktioner. Thorndike ifrågasatte även Halls rekapitulationsteori. Visserligen kunde man identifiera vissa utvecklingsmönster i bestämd ordningsföljd hos individen, fastslog Thorndike, men dessa varken rekapitulerade evolutionen eller var skarpt avgränsade stadier. Speciellt var han kritisk mot rekapitulationsteorins pedagogiska implikationer. Dessa reducerade ju lärarens insats till att passivt försöka underlätta den naturbestämda progressionen genom utvecklingshistorien.

Bakom Thorndikes kritik fanns hans egen inlärningspsykologi, **konnektionismen**. Enligt denna skedde inläring genom att förbindelser (connections) skapades mellan "situationer" eller "stimuli", som påverkade individen, och "responser" i tankar, attityder eller handlingar. Som en precisering av hur förbindelsernas styrka kunde varieras formulerade Thorndike två grundläggande inlärningslagar:

1. **Lagen om övning:** Om andra omständigheter är lika, så stärks bandet mellan situation och respons av övning.

2. **Lagen om effekt:** Bandet mellan situation och respons stärks av tillfredsställande resultat och försvagas av obehag.

Tillämpat på undervisningen kunde bandet mellan en önskad respons och en viss klassrums- eller omvärldssituation stärkas på två sätt:

- ofta förekommande repetition (lagen om övning);
- val av ämnesinnehåll ur elevens intresse, kunskap och vardag och ur vardagssituationer som han skulle befinna sig i som vuxen, samt en livfull och intresseväckande presentation av detta från läraren (lagen om effekt).

Thorndikes konnektionism övertrumpade snart G Stanley Halls rekapitulationsteori och ersatte denna som grund för läroboksuppläggning och utbildning på olika nivåer. Oberoende av teoriernas grad av framgång hade dock både Hall och Thorndike lagt grunden till ett vetenskapliggörande

av fysikundervisningen. Runt sekelskiftet fanns alltså en fysikdidaktisk debatt och en gryende pedagogisk forskning. Sedan försvann denna under, i runda tal, femtio år. Psykologin tog över. Marton (1983, s 23) skriver:

"Det utomordentligt märkliga inträffade att den lovande start, i seklets början, som pedagogisk forskning fått, en start som för övrigt var väl förankrad i pedagogikens tidigare historia, avlöstes av en period som kom att bestå under nära ett halvt sekel och som utmärktes av att inläringens och undervisningens 'vad' osynliggjordes."

Fysikundervisningen stelnade åter. Disciplinens fysik forskning var framåtskridande, men fysikämnet i skolorna var vid mitten av femtiotalet en statisk och avslutad miniversion av ett föråldrat universitetsspensum. Till och från pressades nya moment in utan att gamla avlägsnades,

Åskmolnen började tättna. En reaktion nalkades.

2.3. 1950 - 1970

Efter andra världskriget, det första stora teknikkriget, började en kritisk syn på skolans naturvetenskapliga undervisning sprida sig bland vetenskapsmän, vilka oroade sig för den sjunkande rekryteringen av och standarden på de forskarstuderande. Vetenskapsmännen granskade skolan och fann, att

- läroböckerna framställde fysiken som ett lexikaliskt lapptäcke med mycket teknologi och föga av fysikens idéer och struktur;
- stoffet undervisades som en faktamängd för eleverna att memorera och återge mer eller mindre utantill;
- kritfysiken dominerade, och det fanns få tillfällen för eleverna att experimentera själva;
- den naturvetenskapliga processens upptäckarglädje saknades i undervisningen.

Behovet av ett nytänkande fanns alltså, och grupper av innovatörer började arbeta på en omorganisering av den naturvetenskapliga undervisningen. Innan jag går vidare med beskrivningar av utvecklingsarbetet kan det vara på sin plats att beröra två punkter, där man ibland finner missuppfattningar.

Den ena punkten är, att kritiken mot den stagnerade fysikundervisningen inte var begränsad till USA (som det ofta verkar), utan fanns världen över. Baez (1976) anför exempel från Latinamerika, England, Afrika,

Arabstaterna och Östeuropa (även om utvecklingen i Östeuropa ej var lika språngvis som i de andra länderna), förutom från USA. Reformarbetet i USA har ofta dominerat i exemplifieringar och fått överskugga andra länders. Nedan skall jag beröra diskussionen i USA men också i Västtyskland och i England.

Vidare får man ofta intrycket, att när Sovjet sände upp Sputnik I (1957-10-04), så försatte det västvärlden i ett chocktillstånd över den förlorade teknologiska tätplatsen, medförande nyvaknade krav på och genomförande av en reformering av den naturvetenskapliga undervisningen. Chocken var nog verklig, men reformarbetet hade börjat flera år tidigare. Galewood & Obourne citeras i Baez (1976, s 72):

"By the 1950s the stage was set; the time was ripe for reforms in science education in the United States. When Sputnik launched the space age in 1957, everyone was ready to do something, even if it was wrong. Parents, children, professors and politicians tried to partake of this popular new dish called Science."

Det är intressant att notera, att Sputnik egentligen var ett **teknologiskt** framsteg, och inte ett fysikaliskt. De fysikaliska principerna bakom Sputnik var i huvudsak klassisk mekanik. Ändå var det den **naturvetenskapliga** undervisningen som uppdaterades - inte den tekniska.

USA

1956 bildade några fysiker vid Massachusetts Institute of Technology, ledda av professor Jerrold Zacharias, Physical Science Study Committee (PSSC). De arbetade ut ett fysikläromedel med läroböcker, laborationsanvisningar, lärarhandledning, materiel, planscher och undervisningsfilmer. Efter försöksverksamhet 1957-58 kom första upplagan av läroböckerna 1960. 1965 utgavs såväl andra upplagan av läroböckerna som en utvidgning, Advanced Topics Supplement. Projektet finansierades av National Science Foundation (huvudsakligen), Ford Foundation och Alfred Sloan Foundation. 1963-65 hade ca 200 000 elever i USA använt PSSC:s läromedel. Läromedlet, och den fysikundervisning som det implicerade, spreds även utanför USA:s gränser och betydde mycket för reformeringen av fysikundervisningen i Europa. Detta var till stor del OEEC:s (Organization for European Economic Co-operation) förtjänst. I Europa hade medlemsländerna i OEEC tillsatt en expertkommitté i slutet av 1950-talet. Kommittén skulle arbeta för en modernisering av fysikundervisningen, och i sitt betänkande "A Modern Approach to School Physics" år 1960 riktade de allvarlig kritik mot den då rådande fysikundervisningen. OEEC tog därvid kontakt med PSSC

för att få kursen presenterad för deltagare från medlemsländerna. Det resulterade i en fyra veckors konferens i Cambridge sommaren 1961, i vilken även svenska representanter deltog. De svenska konferensdeltagarna rekommenderade Kungliga skolöverstyrelsen och Kungliga överstyrelsen för yrkesutbildning att starta försöksverksamhet med PSSC-kursen vid några högre allmänna och tekniska läroverk. En arbetsgrupp tillsattes, och samarbete etablerades med Norge, där intresset för en liknande försöksverksamhet var stort. Resultatet blev för Sveriges del en svensk, något omarbetad och utökad, upplaga av PSSC-böckerna, utgiven 1962-64. På grundval av utvärderingar bland lärare och elever utgavs en ny upplaga 1967-68.

I kapitel 3 presenterar jag läromedlet och dess bakomliggande filosofi i tämligen stor detalj. Som källor för presentationen används den första svenska upplagan av PSSC-böckerna och slutrapporten över det första svenska PSSC-försöket 1962-68. PSSC-böckerna jämförs också med ett traditionellt samtida läromedel för realgymnasiet.

PSSC var blott ett av flera amerikanska undervisningsprojekt. Andra att nämna var the School Mathematics Study Group (SMSG), the Chemical Bond Approach (CBAP), the Chemical Education Material Study (CHEMS) och the Biological Sciences Curriculum Study (BSCS). I första omgången var dock PSSC det enda fysikprojektet, och inte förrän 1963 började en annan grupp fysiker (vid Harvard University) att arbeta med ett alternativ, the Project Physics Course.

Även om jag i första hand vill fokusera på urvalet av innehåll, så har jag både berört och kommer att beröra arbetssättet. Detta är ofta kopplat till innehållet i målformuleringar. Som nämndes ovan, så vände sig kritikerna av den etablerade fysikundervisningen även mot den elevpassiva metodiken. Ett honnörsord i reformverksamheten blev att inrikta elevernas arbetssätt mot "discovery". Gången i discoveryprocessen är (Shulman & Tamir, i Travers, 1973, s 1117):

- eleven ställs inför ett problem, som kan innebära ett mål som inte kan nås med omedelbart urskiljbara medel, en motsägelse mellan informationskällor eller ett krav på en strukturering av en situation;
- motsättningarna i problemet engagerar eleven och stör hans jämvikt;
- eleven försöker återställa jämvikten, ex vis genom att utvidga begreppen eller göra en syntes av högre ordning som förenar de skenbara motsättningarna i aspekter av en mera abstrakt regel.

Genom denna konstruktionsprocess utvecklar eleven nya eller fördjupade kognitiva strukturer.

Discoverybegreppet är framför allt knutet till en amerikansk psyko-

log, Jerome S Bruner. Han har varit verksam inom ett flertal områden, men för denna sammanställnings vidkommande är endast hans studier av undervisnings- och inlärningsprocessen relevanta. Det går knappast att förbigå hur "det hela började", nämligen med boken "Undervisningsprocessen" (Bruner, svensk upplaga 1970, am uppl "The Process of Education", 1960). Boken är en konferensrapport, sammanställd av Bruner. Han var ordförande vid en konferens i Woods Hole, september 1959, där deltagarna var trettiofyra naturvetare, humanister, pedagoger och psykologer. Konferensens syfte var att diskutera hur man skulle kunna förbättra undervisningen i naturvetenskapliga ämnen i primary och secondary school. Konferensen skulle belysa "de grundläggande processer genom vilka unga elever ges en föreställning om naturvetenskapens innehåll och metodik" (Bruner, 1970, s 7). Shulman & Tamir (i Travers, 1973) skriver (s 1098):

"This book was surely neither the beginning of the wave nor was it the crest, but it provided an unmistakable sign to the rest of the educational community that radical changes in the teaching of science were imminent."

Bokens inriktning är till stor del mot de högrepresterande eleverna:

"Den mest begåvade fjärdedelen av eleverna i de offentliga skolorna, från vilken vi i nästa generation måste hämta våra intellektuella ledare, är kanske den grupp som under senare tid försumats mest av våra skolor." (Bruner, 1970, s 26)

Övergripande är det bekanta uttalandet att "var och en i vilken ålder han än befinner sig i någon form kan undervisas i grunderna i varje ämne" (ibid, s 28, s 48), vilket Shulman & Tamir kallar "this peculiarly Brunerian version of Piagetian theory" (Travers, 1973, s 1099). I kapitel 3 presenterar jag ett par av reformverksamhetens läromedel. De är i verkligt hög grad i paritet med tankarna i "Undervisningsprocessen".

VÄSTTYSKLAND

Vad som skiljer reformverksamheten i Europa från USA är, att initiativet till förändringar i högre grad togs av lärare och i mindre grad av naturvetenskapsmän. Baez (1976) hypotetiserar två skäl till detta:

1. De europeiska lärarna på de aktuella nivåerna hade i allmänhet en mera omfattande akademisk utbildning än sina amerikanska kolleger, och de kunde därmed förväntas ha tillägnat sig en större professionalism och status.

2. Vetenskapsmännen vid europeiska universitet hade av tradition en så hög intellektuell och social status, att de inte gärna "sänkte sig" till att intressera sig för undervisning på högstadie- och gymnasienivå.

Behovet av en reform fanns likaväl i Europa som i USA. Redan 1951 samlades lärare vid gymnasier och högskolor till ett möte i Tübingen för att diskutera alternativ till den stoffträngsel, som de upplevde belamrade den tyska skolundervisningen. Mötet utmynnade i en resolution, som omvärderade lärostoffets plats och funktion. Stoffets betydelse i upplysnings- och bildningsprocessen underströks. Samtidigt måste stoffmängden radikalt krympas, så att eleverna kunde få möjlighet till grundlighet, förståelse och fördjupning. Reduktionen måste ske efter bestämda principer, så att endast fundamenta återstår.

Den naturliga frågan blev då: "Vilka är dessa urvalsprinciper?" I Västtyskland fanns en omedelbar beredskap att försöka svara. Där fanns en tradition inom ämnesmetodisk undervisning och forskning. Gundem (1980) presenterar de olika tyska didaktiska riktningarna, och en sammanställning av dessas karakteristika ges på vidstående sida. Relevant i anslutning till Tübingenmötets resolution är den **bildningsteoretiska didaktiken**, som behandlar de didaktiska frågeställningarna utifrån ett historiskt och filosofiskt angreppssätt. Gundem anger fyra karakteristika för den bildningsteoretiska didaktiken:

1. **"Der Primat der Praxis"**: Förutsättningen och utgångspunkten är den pedagogiska verkligheten, undervisningens struktur och dess betingelser. Teoribildningen kräver en "förförståelse" av verkligheten, grundad på såväl empiriska förklaringar av kausala samband som hermeneutisk förståelse. Människan står i ett dialektiskt förhållande till samhället.

2. **Begreppsbildningen utgår från praxis**: Även kopplingen teori-praktik uppfattas som dialektisk.

3. **Tidsperspektivet**: Verklighet och praxis ses historiskt. Teorin iakttar och beskriver praxis utifrån sin samhällsförståelse och sätter in resultatet i en ram av förr, nu respektive en tolkning av framtida utvecklingstendenser.

4. **Komplexitetsaspekten**: Målsättningsprocessen innehåller en komplex växelverkan mellan samhälleliga, ämnestillhöriga och elevrelevanta faktorer. Detta gör att man måste vara försiktig, när man härleder delmål ur övergripande principer.

Didaktiker med bildningsteoretisk inriktning är den s k "Göttinger-skolan": Weniger, Flitner, Klafki, ... och för fysikens vidkommande under femtiotalet, Martin Wagenschein, professor i matematik och fysikdidaktik vid universitetet i Tübingen. Han står som företrädare för begreppet "den exemplariska principen". Att välja lärostoff exemplariskt innebär att ta hänsyn såväl till vetenskapen som till eleven ("die Polarität der Sache").

VETENSKAPS- UPPFATTNING	METOD- UPPFATTNING	SAMHÄLLS- UPPFATTNING	MÄNNISKOSYN	BILDNINGSIDEAL	VÄRDENEUTRALITET ELLER EJ
BILDNINGSTEORETIK DIDAKTIK	Humanistisk Utbildningsintresse: praktiskt Kunskapstyp: förståelse Medium: språk	Hermeneutik	Samhället utvecklas kontinuerligt. Skolan skall förstå, acceptera, anpassa sig och överta samhällets värden och normer	Människan skall motiveras att betesig ansvarfullt gentemot samhällets värden och normer	Godtar samhällets värdesystem som grund för skola och undervisning
INLÄRNINGSTEORETIK DIDAKTIK	Naturvetenskaplig Utbildningsintresse: praktiskt Kunskapstyp: information Medium: arbete (mätning, manipulation)	Accepterar hermeneutiska metoder i ideologikritiken Dominerande: empirisk/naturvetenskaplig	Samhället utvecklas kontinuerligt. Utvecklingen skall förbättras genom skolan: a) effektivare måluppfyllelse b) strukturförändringar i skolan som banar väg för en särskild samhällsuppfattning	Människan skall fungera optimalt i samhällsstrukturen	Ideologikritik som leder till att människan "bevisas" om vilka värden och normer hon skall välja
INFORMATIONSTEORETIK/ CYBERNETISK DIDAKTIK		Empirisk/naturvetenskaplig	Beskrivning av den yttre människan		Skolans värderingar är ointressanta
KRITISK/ KOMMUNIKATIV DIDAKTIK	Syntes Utbildningsintresse: frigörelse Kunskapstyp: kritik Medium: styrning	Utgår från en empirisk beskrivning och förklaring av problemområdet, där- efter hermeneutiska utsagor	Samhället utvecklas diskontinuerligt. Ideologikritik Alternativ Frigörelse Ändring av samhället till människans tjänare	Människan skall värdeskapas i samhället	Värdeneutralitet är varken möjlig eller önskvärd

Wagenschein menar att hänsynstagandet till eleven medför, att fysikundervisningen på exempelvis gymnasienivå inte skall vara upplagd efter den vetenskapliga strukturen, utan i stället radikalt begränsas till

- grundbegrepp och grundfenomen, som är ämnets fundament;
- viktiga samband och strukturer, problemställningar och arbetsmetoder som har sin betydelse för ämnets egenart.

Harbo (1967) exemplifierar på s 82 med Wagenscheins uppläggning av temat "månen och dess rörelse" på gymnasienivå. Wagenschein och hans adepter har givit ytterligare exemplifieringar men varit mycket försiktiga med att redovisa någon strukturerad lista över exemplariska teman. Strävan från att vara normativ är dels avhängig att de tyska undervisningsplanerna ej är så detaljstyrande som exempelvis de svenska, dvs en hel del av undervisningen utformas av den enskilde läraren, dels kan målet att ge insikt i fysiken göras med utgångspunkt från många olika teman.

Wagenscheins arbeten fick inflytande på den tyska fysikdidaktiska debatten. (En kritisk granskning finns i Hahn, Töpfer & Bruhn, 1970, s 48-53, samt i Petersen, 1972.) Wagenscheins betoning av den naturvetenskapliga processen, "eleven som den lille forskaren" och begränsningen av stoffet visar parallellt med USA. "Den exemplariska principen" var naturligtvis inte Wagenscheins originalidé utan kan återfinnas tidigare. Hans forskning skall ses som en genomtänkt reaktion mot den stelade fysikundervisningen, dvs som en tysk exponent för 1950-talets trend.

ENGLAND

Kanske i högre grad än i något annat europeiskt land har den pedagogiska forskningen i England dominerats av läroplansutveckling. "Läroplan" skall läsas i den vida betydelse, som ligger i termen "curriculum"; se ex vis Englund (1986, s 99-100), där också ytterligare referenser omnämns. Mycket av läroplansutvecklingen där har initierats av och utförts av lärare. Det stora lärarinflytandet kan förstås som en effekt av den nästan totala avsaknaden av centralstyrning. Den enda restriktionen på kursplaner och undervisningsmetoder har varit de allmänna examinationerna.

Naturvetenskapligt läroplansarbete har en lång historia i England. Keohane (i Frey et al, 1977, s 371-387) nämner samfundet "Association for Science Education" med anor från sekelskiftet. När reaktionen mot de traditionella fysikkurserna, parad med oron för vikande antal fysikstudenter, växte fram även i England, så fanns en beredskap att initiera ett egenproducerat utvecklingsarbete i stället för att t ex haka på PSSC.

På samma sätt som i USA och Västtyskland ledde utvecklingen i första omgången till läromedel i vilka stoffet var uppdaterat, framställningen förståelseinriktad och arbetssättet processororienterat. Ett viktigt exempel i stor skala är läromedlet Nuffield Physics. Det riktade sig till de fem årskurserna i grammar school, motsvarande åldrarna 11-16 år. I åldersavseende är detta svenska grundskolans högstadium jämte ett år före och ett år efter. (Grammar school är emellertid en urvalsskola.) Läromedlet producerades av The Nuffield Science Teaching Project med början 1962 under ledning av E M Rogers. Projektet finansierades av The Nuffield Foundation, en fond som stöder vetenskaplig forskning och som är baserad på donationer av grundläggaren till Morris Motors Ltd, lord Nuffield.

Nuffield Physics har en intressant uppläggning. Eleverna har inte någon faktabok i gängse mening utan en problembok, Questions Book. I den finns visserligen några få teoriavsnitt, men i huvudsak innehåller den problem av varierande inriktning och svårighetsgrad, vilka eleven skall besvara med hjälp av vad han sett, gjort och antecknat på lektionerna. Därmed ställs naturligtvis stora krav på lärarens framställning. Läraren får då hjälp av en mycket detaljerad lärarhandledning, Teachers' Guide, innehållande såväl en minituös kursuppläggning som teoriavsnitt. Den kompletteras med en försökshandledning, Guide to Experiments. Min presentation i kapitel 3 av läromedlet är baserad på Teachers' Guide och Questions Book.

Att jag refererat utvecklingen i USA, Västtyskland och England betyder absolut inte, att dessa länder var de enda ställen i världen som arbetade med nya inriktningar på den naturvetenskapliga undervisningen. Samlade ansträngningar gjordes också. I samband med överföringen av PSSC till europeiska förhållanden nämnde jag OEEC, 1961 omvandlad och internationaliserad till OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). OECD anordnade konferenser, producerade handböcker (ex vis serien "New Thinking in School Science") och studerade läroplansutveckling i olika länder. UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) arbetade ännu mera världsomspännande. Baez (1976) behandlar bl a UNESCO:s inflytande på den naturvetenskapliga undervisningen i utvecklingsländerna. I början av 1960-talet startade UNESCO utgivningen av handboksserien "New Trends in the Teaching of the Basic Sciences", där naturvetenskaperna ingår.

Sammanställningen ovan visar på gemensamma drag hos femtio- och tidiga sextiotalets nytänkande i naturvetenskaplig undervisning. Dessa

karakteristika kan listas som följer:

- projekten var lagarbeten, ofta ledda och stödda av framstående vetenskapsmän;
- de var disciplincentrerade, dvs höll sig inom fysikens, kemins eller biologins traditionella gränser;
- stoffet reducerades till en kärna av absolut centrala moment och deras logiska samband;
- en ökad betoning av naturvetenskap som en process i stället för en stabil kunskapsmassa;
- en större vikt vid elevernas experiment och laboratoriearbete;
- ett nytänkande i examensuppgifterna, ex vis laborativa uppgifter samt kritik och värdering av artiklar i fysik;
- en omfattande produktion av undervisningsmateriel, dvs förutom läroböcker även lärarhandledningar, laborationsmateriel, bredvidläsningslitteratur, film och andra audiovisuella hjälpmedel;
- noggrann utprovning och evaluering av läromedlen i försöksversioner;
- fortbildning av lärarna;
- projekten startade på (motsvarande) högstadie- eller gymnasienivå, men återverkade snart på såväl högre som lägre stadier.

Denna första reformverksamhet, karakteriserad av ovanstående, kallar Sjöberg (1979) för den **första vågen** i den naturvetenskapliga undervisningens nytänkande.

2.4. 1970 -

Årtalet i rubriken betyder egentligen "slutet av sextiotalet". Efter ett antal år med undervisning i den "första vågens" anda började nämligen dess glans blekna något. De nya projekten blev ej de framgångar som man hade väntat sig. Baez (1976) har under rubriken "In retrospect, what did we learn from the projects? What went wrong? What worked well?" (s 91-98) diskuterat "första vågens" plus och minus. Han kommer fram till, att

- vetenskapsmännens medverkan var viktig. De behärskade sin disciplins moderna landvinningar, och de skänkte projekten en status som underlättade legitimeringen och finansieringen. Däremot visste de ej tillräckligt om undervisning, varför en del av materialet lades på för hög nivå,

eller om inlärningsteorier - men de var entusiaster och fungerade som inspiratörer;

- det är bättre med flera skilda ansatser än med en enda, eftersom massiv insats på ett projekt (ex PSSC) gärna medförde att man trodde sig ha gjort "det bästa materialet";

- adaption av ett projekt till ett visst lands sociala, kulturella och utbildningsspecifika kontext är bättre än adoption;

- projektets framgång står och faller med lärarnas insatser i klassrummen, varför lärare måste delta i utformningen och utprovningen;

- inriktningen på elevarbete var lyckad, men speciellt för användningen i u-länderna måste billig laboratoriemateriel produceras;

- satsningen på "hårdvara" (arbetsprojektorer, filmslingeprojektorer, intern-TV, ...) åtföljdes inte alltid av motsvarande kvalitet och utbud av "mjukvara" (overheadbilder, filmer, ...);

- goda teorier om inlärningsprocessen saknades;

- internationellt samarbete var lyckat;

- stoffet borde ha presenterats ämnesintegrerat;

- projekten var ej lämpade för alla elever, utan bara för de högbegåvade. Skolpliktsåldern hade ökat i många länder. I en obligatorisk skola med sammanhållna klasser, där alla läser naturvetenskap, fungerar ej en kursuppläggning som är avsedd för en elit av högpresterande elever som tänkt sig en forskarkarriär;

- evaluering av projekten i termer av mätbart beteende gjordes ej i full utsträckning;

- den massiva insatsen av nya projekt ledde först till en enorm entusiasm, men när denna lugnade ner sig insåg man att allt ännu bara hade börjat, och att reformarbete är en kontinuerlig process;

- i sin strävan att utplåna bilden av ämnet som nedärvt och stelnad visdom hade man gått för långt i andra riktningen. Process och metod hade dominerat framställningen till förfång för konkret ämnesinnehåll;

- den optimistiska bilden av naturvetenskaperna som skapare av en bättre värld hade bytts, i ljuset av miljöförstöring, rovdrift och ständigt ökade vapenarsenaler, mot en bild av naturvetenskaperna som allierade med de mest destruktiva och nedbrytande krafterna i världen.

Medan "första vågens" reformarbete sattes in tämligen abrupt, så startade reaktionen litet långsammare. Exempel kan dock återfinnas ganska tidigt på sextiotalet, och vi tittar åter på USA, Västtyskland och England.

USA

I 2.3 nämndes the Project Physics Course (PPC) från 1963. Baez (1976) anger att initiativtagaren, professor Holton vid Harvard, fann att endast ca fyra procent av eleverna i high school's högre klasser tog PSSC-kursen. PPC fick en humanistisk orientering, där även fysikens historiska och samhällseliga konsekvenser beaktades. Fysiken integrerades också med andra naturvetenskaper, främst kemi och astronomi. (För en kort innehållsförteckning, se Hahn et al, 1970, s 59.)

Ett projekt för naturvetenskaplig undervisning i de första skolåren, upplagt med utvecklings- och inlärningspsykologiska hänsynstaganden, är SCIS, Science Curriculum Improvement Study. Projektet startades 1962 av Robert Karplus, professor i fysik vid Berkeley-universitetet i Californien. Läromedlet består av en biologisk del (Life Science) och en fysikalisk-kemisk del (Physical Science) med de båda delarna kopplade till varandra. Projektet fick vid spridning och adapterades även till svenska förhållanden. I Sverige startade Nils Svantesson och Björn Andersson vid dåvarande lärarhögskolan i Göteborg projektet LMN (Låg- och Mellanstadiets Naturvetenskap), vars första planeringsrapport publicerades 1968 (LMN 1, 1968; LMN 2, 1970; LMN 3, 1971; LMN 5, 1971; LMN 11, 1972; läromedelsprototyper). Projektets uppgift var att modernisera låg- och mellanstadiets naturorienterande undervisning. Efter en granskning av olika projekt i USA ansåg den svenska gruppen att SCIS kom närmast LMN-projektets inriktning. SCIS anpassades till svenska låg- och mellanstadiet, och sex läromedelsprototyper - en för varje årskurs - producerades och kompletterades med specifikt undervisningsmateriel.

SCIS har byggts upp med utgångspunkt i Piagets teori för den kognitiva utvecklingen, konkretiserad av Karplus i hans inlärningscykel: "fri undersökning, begreppsintroduktion, begreppsanvändning". SCIS är naturligtvis inte punkten i den amerikanska utvecklingen av naturvetenskaplig undervisning. Åtskilliga andra läromedel, som vilar på en kognitivistisk grund, har konstruerats och utprovats (Leide, 1982). Förutom Piaget har de amerikanska psykologerna Ausubel och Bruner haft stort inflytande. Dessa tre psykologers teorier har gemensamma startpunkter, men Ausubel och Bruner har varit mera konkreta i sina beskrivningar av tillämpningar inom undervisningen (Naeslund, 1979).

VÄSTTYSKLAND

I Västtyskland riktade man kritik mot den bildningsteoretiska didaktiken

på bl a följande punkter (Gundem, 1980):

- det åberopade bildningsidealet blev ej vägledande för lärarna i deras val av mål och innehåll. Det blev stor skillnad mellan uppsatta mål och resultat;
- kriterierna för urval av lärostoff (... det exemplariska, ...) medförde ej klarhet i vad som egentligen skulle läras (se även Petersen, 1972);
- en teori om skola och undervisning måste stå på beteendevetenskaplig grund.

En ny didaktisk skola, den inlärningsteoretiska didaktiken, växte fram. I denna lade man empirisk-naturvetenskaplig analys och kontroll på alla aspekter av undervisningens planering och genomförande. Som en representant för tysk naturvetenskaplig didaktik inom den inlärningsteoretiska skolan väljer jag IPN, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, vid universitetet i Kiel.

Planeringsarbetet med IPN, under ledning av Karl Hecht, skedde 1964-1966. Med finansiellt stöd av Volkswagenwerk kunde institutet officiellt öppnas 1966. Under sina första år, 1966-1970, utvecklade institutet läroplaner och läromedel för grundläggande undervisning i biologi, fysik och kemi. I dessa lade man stor vikt vid elevernas vardagserfarenheter, "Umweltsgeräte". Ett exempel är "IPN Curriculum Physik" för klasserna 5-10, med en integrerad inriktning på fysik, samhällskunskap och teknik. Efter 1970 har IPN utvidgat sin verksamhet. En redogörelse för forskningsfälten samt avslutade och pågående projekt finns i IPN-Report in Brief nr 11 (1979). Institutet samarbetar också med andra forskningsinstitutioner samt är värd för internationella symposier, workshops och seminarier. Slutligen har IPN en omfattande utgivning av rapporter och andra skrifter.

ENGLAND

Även i England fortsattes och utvidgades den naturvetenskapliga didaktiken. Nuffieldprojekten fortsatte med en sammanhållen naturvetenskaplig kurs, Nuffield Combined Science. (En presentation av denna, jämte en utvärdering i relation till Piagets teori för kognitiv utveckling finns i Shayer, 1978.) Ett annat exempel är The Schools Council Integrated Science Project, SCISP, som tog sin början 1969 vid Chelsea College i London. I dess lärokurs integreras fysik, biologi, geovetenskap och samhällskunskap med en tonvikt på naturvetenskapens samhälleliga aspekter. Förutom läroböcker produceras lärarhandledningar och audiovisuella hjälpmedel.

Min exemplifiering för utvecklingen under de senaste 20 åren är kortare än för perioden 1950-70. Dels tycker jag det är intressantast att studera "hur det hela började", då de första projekten har haft ett så stort inflytande på den naturvetenskapliga didaktikens utveckling. Dels, och framför allt, har denna gren expanderat så, att en redogörelse antingen skulle fylla ett hundratal sidor eller bli några sidor tätskriven katalog med projektnamn, och ingetdera verkar önskvärt i ett översiktskapitel. I stället ger jag några referenser. Bloch, Häussler och Sönnichsen, i Frey et al (1975), diskuterar den didaktiska utvecklingen och ger fyrtioen exempel på tyska, engelska och amerikanska projekt om integrerad naturvetenskaplig undervisning. Baez (1976) redovisar i kapitel 5, "Some promising new trends in science education" (s 99-134) och kapitel 6, "Examples of science teaching activities in areas of high priority" (s 135-201), den naturvetenskapliga undervisningens utveckling i världen, såväl inom i-länder som u-länder. I Frey et al (1977) finner man redogörelser för den naturvetenskapliga didaktikens inriktning och omfattning i nitton länder, de flesta av dem i Europa. Tio ytterligare år har förflutit sedan dessa skrifter publicerades, och under denna tid har naturvetenskaplig didaktik blivit ett autonomt forskningsfält i de flesta länder.

Min exemplifiering visar emellertid på en ny inriktning av den naturvetenskapliga undervisningen, som Sjøberg (1979) kallat den **andra vågen**. Inriktningen är mot **integrering** och **samhällsrelevans** med inlärningspsykologiska hänsynstaganden vid stoffets organisation. (Se även Svingby, 1985, s 19-21; hon splittrar där upp Sjøbergs "andra våg" i en "andra" respektive "tredje" våg.) På vidstående sida visas likheter och skillnader mellan "första vågen" och "andra vågen" enligt Sjøberg (1979).

Samhällsrelevansen innebär att eleven genom studierna skall få en medborgerlig kompetens, dvs att kunna orientera sig i och aktivt ta del av det naturvetenskapliga samhället. Detta medför för det första, att tillämpad naturvetenskap - teknik - måste få en stor plats i stoffet. Det medför för det andra, att ett stort ansvar ligger hos den naturvetenskapliga undervisningen att klargöra för eleverna, att vi lever i en värld med ändliga - och i vissa fall ändade - naturtillgångar, och att naturvetenskapen kan tillämpas både på att förstöra och att läka världen. För det tredje medför detta, att naturvetenskaperna bör studeras ämnesintegrativt, eftersom omvärldsfenomenen mera sällan följer disciplingränserna.

Nu är "integrerad naturvetenskap" ej ett väldefinierat begrepp. Olika kategorier kan vara:

- ett ämne behandlas integrerat, så att exempelvis fysik behandlas

Tabell 2.1. Sammanställning av likheter (a) och skillnader (b) mellan "första vågen" och "andra vågen" (efter Sjöberg, 1979)

a) Likheter mellan "första vågen" och "andra vågen"

-
- * Process och metod jämföras med produkt
 - * Problemlösning är centralt
 - * Tonvikt på strukturer, dvs få och centrala bärande begrepp och idéer - bort från lexikonartad uppräknings
 - * Stor vikt vid elevaktivitet
 - * Vetenskapen framställs inte som om den hade de slutgiltiga svaren utan i stället som öppen, dynamisk, ej avslutad
 - * En ämnesteoritiskt korrekt framställning
 - * En omfattande och systematisk satsning på utveckling, utprövning, evaluering och spridning

b) Skillnader mellan "första vågen" och "andra vågen"

Första vågen	Andra vågen
* Finansierat av fonder, industri, "av-nänare"	* Offentlig finansiering
* Skapat av forskare i naturvetenskap	* Samarbete mellan naturvetare, lärare och pedagoger
* För eliten	* För alla elever
* Vetenskapligt syfte: fler och bättre forskare	* Tonvikt på allmänna värderingar
* Lojalitet mot ämnet och forskarna	* Historiskt, kulturellt och socialt perspektiv
* Vikt vid logisk argumentering; deduktion	* Vikt på psykologi, teorier om begrepps-inläring och motivation
* Ämnesindelning	* Integrerad naturvetenskap
* Stoffindelning som i de vetenskapliga disciplinerna	* Organisering i teman, arbetsområden, fenomen
* Uppgifter och problem bestämda av vad som är intressant för vetenskapen	* Vardagslivets problem
* Okontroversiell	* Kontroversiella problem: energi, resurser, ekologi
* Naturvetenskapen självklart positiv	* Kritisk och värderande till vetenskapens roll

som en sammanhängande struktur av idéer i stället för separata smådelar (energi och växelverkan i stället för mekanik, värmelära, ...)

- två eller flera ämnen blandas, men med en stark förskjutning mot ett av dem, så att ex vis fysik behandlar elektrolys i ellära och kemisk bindning i atomfysiken;

- två eller flera ämnen blandas i ungefär lika proportioner, men utan att lägga vikt vid att påvisa sambanden mellan ämnena (ex vis "valda fysiska och kemiska fenomen")

- två eller flera ämnen behandlas med utgångspunkt i gemensamma teman, så att sambandet mellan ämnena eller deras gemensamma struktur framstår.

Endast den sista punkten bör, enligt min mening, ses som verklig ämnesintegrering. Baez (1976) redovisar på s 122-123 skäl för en ämnesintegrerad undervisning. De är, i sammanfattning:

- naturen är en enhet. Naturvetenskapen kan också ses som en enhet, och därmed också undervisningen i naturvetenskap;

- det är tidsekonomiskt fördelaktigt att inte undervisa samma moment flera gånger, exempelvis atomstruktur i både fysik och kemi, kapillaritet och vätsketryck i både biologi och fysik, ...;

- samhället behöver många generalister, som kan förstå naturvetenskapens roll i samhällsutvecklingen (eller -avvecklingen). En helhetssyn på naturvetenskapen kan kanske ge dem bättre beredskap för beslutsfattande.

"Andra vågens" syn på naturvetenskaplig undervisning har just börjat påverka den svenska grundskoleundervisningen. Den är Lgr 80:s syn. I avhandlingens andra del kommer det att visa sig huruvida den också har slagit igenom i Lgr 80:s fysikläromedel.

2.5. Disposition av kapitlen 3, 4 och 5

Det finns uppenbarligen många aspekter på och klassificeringar av fackdidaktisk forskning. Följande tre kapitel har inte ambitionen att ge en panoramabild över fysikdidaktikens höga berg och djupa dalar. Snarare avser jag att redovisa tre närbilder - subjektivt utvalda, men kompletterande varandra.

Den första bilden, kapitel 3, visar två läromedel, nämligen PSSC och Nuffield Physics från "första vågen". PSSC är ett gymnasieläromedel. Nuffield Physics kan närmast motsvara grundskolans högstadium (eller kanske snarare realskolan, eftersom det avsåg från början att användas i en urvalsskola). Orsakerna till att jag granskar dessa läromedel är, att

- de representerar en brytning med den produktinriktade lärobokstraditionen, eftersom de påbörjade den processbetonade framställningen av naturvetenskapen;

- de har givit upphov till en hel del fysikdidaktisk forskning, innehållande en kritisk granskning av dem och alternativa vägar till en "god" fysikundervisning.

De två resterande bilderna knyter an till den första genom att problematisera de individrelaterade förutsättningarna för dessa läromedels användning. Dagens läroböcker bär nämligen inte särskilt många spår av Nuffield Physics eller PSSC. Varför blev inte dessa de illuminerade succéer som förväntades? Ovan relaterade jag samhällseliga faktorer som motarbetade dem. I de två andra bilderna skall jag återge forskning som på ett eller annat sätt visar vad som hände när Nuffield Physics och PSSC krockade med insidan av elevernas huvuden - dvs olika aspekter på inläring.

Bild nummer två, kapitel 4, utgår från en teori, som bygger på att inläring är kontextberoende, dvs kan härledas ur generellt giltiga och sekvensierade utvecklingsnivåer hos individen. Det är Piagets teori för kognitiv utveckling, vilken spelat - och spelar! - en enorm roll som legitimering av de mest skilda undervisningsprojekt. Efter en sammanfattning av Piagets teorier redovisas utfallen av olika replikationsstudier. Där- efter fortsätter redovisningen efter två divergenta riktningar. Den ena innebär kritik mot teorins grundvalar. I den andra har man tvärtom tagit Piaget till sitt hjärta och använt teoribyggnaden till konstruktion av taxonomier för klassificering av elever och fysikstoff.

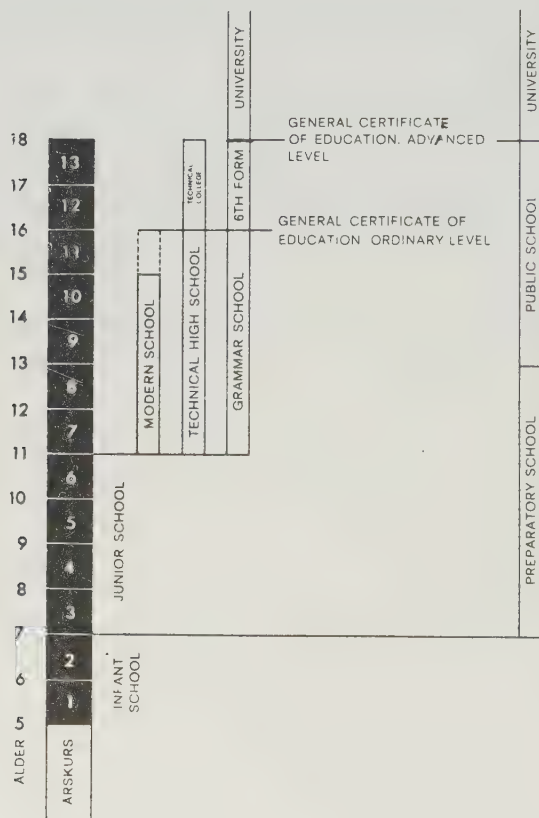
Sista bilden, kapitel 5, är en motbild till den nyss nämnda. En omfattande forskning har nämligen hävdats att inläringen är kontextberoende, avhängig t ex innehåll, sociala faktorer, innehållsliga föreställningar och förväntningar. Majoriteten av de redovisade resultaten härrör från EKNA-gruppen i Mölndal, men även annan forskning nämns.

Båda bildernas forskningar leder till implikationer om hur fysikundervisning borde vara. En del av dem kompletterar varandra, andra innebär motsägelser. I avhandlingens tredje del försöker jag sätta såväl aspekterna på undervisningen som teorierna och resultaten av läromedelsundersökningen i relation dels till naturvetenskapens produkt och process, dels till synen på hur kunskap växer fram hos individen.

3. FÖRSTA BILDEN: TVA VIKTIGA LÄROMEDEL

3.1. Nuffield Physics

Läromedlet "Nuffield Physics" skrevs, som angavs i avdelning 2.3, i början av 1960-talet. Skolsystemet i England var vid den tiden organiserat så som figur 3.1 visar.



Figur 3.1. Skolsystemet i England 1965 (Egidius, 1965, s 247)

Efter examination mellan tio och elva års ålder (11+ examen) kom ca 20 % av eleverna in på grammar school ("akademisk" skola). Denna omfattade i första hand fem årskurser (åk 7-11) och avslutades med en examen, "O-level" (eller, mera detaljerat, "General Certificate of Education, Ordinary Level"). Närmaste svenska jämförelse torde vara realexamen.

Nuffield-kursen i fysik var avsedd att undervisas under de fem åren

i grammar school, dvs åldrarna 11-16 år. Fysikämnet var tilldelat 2 eller 3 vtr à 40 minuter i dessa årskurser. Som nämnts består läromedlet av tre komponenter för varje årskurs: lärarhandledningen "Teachers' Guide", försökshandledningen "Guide to Experiments" och elevboken "Questions Book". Den synnerligen fylliga "Teachers' Guide" beskriver inte bara lärostoffets sekvensiering och rekommenderade presentation i stor detalj, utan innehåller även lärarfortbildning såväl i form av fortlöpande kommentarer till framställningen som längre, inledande avsnitt. Teachers' Guide I och III börjar med en redovisning av fysikkursens program. Det kan vara på sin plats att här ge en sammanfattning av programförklaringen, kompletterad med litet information från andra delar av Teachers' Guide.

PROGRAM FÖR NUFFIELD PHYSICS

Målsättning för kursen

Kursen skall vara en "fysik för alla". Den syftar till att visa fysiken som en kunskapsstruktur med inbördes sammanhang mellan delarna. Undervisningen skall skapa förståelse för denna struktur, så att eleverna kan planera experiment, diskutera alternativa svar och inse att det ibland finns flera "rätta" svar till en frågeställning i stället för en rutinmässig manipulation av formler. På detta sätt görs fysiken levande och användbar inte blott för den blivande vetenskapsmannen utan för alla, som lever i denna tekniska och naturvetenskapliga nutid.

Innehållets omfång och disposition

Läroängsen avser inte att bygga upp en strikt logisk och vetenskapligt strukturerad fysik. En sådan läroängs stämmer inte med utvecklingen av barnens tänkande. Naturligtvis skall man försöka göra en stringent fysik, men man måste acceptera begränsningarna i barnens utblick och färdigheter samt sträva efter att göra det bästa av det.

Kursen är femårig. De två första åren bekantar sig eleverna med olika fysikaliska fenomen. De ser och gör, men de skriver inte genomarbetade redogörelser och uttrycker inte resultaten i formella samband. I stället gör de sig förtrogna med begrepp och instrument. Tredje och fjärde åren innebär en mera organiserad undersökning och ett strukturerat tänkande, där eleverna möter intrikata frågor som utmanar dem. I den femte årskursen möter slutligen eleverna teoribyggnader och modelltänkande. De skall kunna värdera reliabiliteten hos mätvärden och testa olika teorier.

Framställningens nyckelidéer är

- energins bevarande, och den dominerande roll som energi spelar i vetenskaplig teori;
- värme som molekylär rörelse, och de termodynamiska lagarnas statistiska natur;
- elektriska strömmens egenskaper (sedd som en ström av elektroner) med elektronik

som kraftfull praktisk kunskap;

- ljusets natur och det elektromagnetiska psektrrets egenskaper;
- materians atomära natur och elementarpartiklarnas existens;
- radioaktivitetens natur, kärnreaktioner samt dess möjligheter och faror;
- atomteorins framväxt från tidiga bilder till moderna modeller.

Dessa nyckelidéer tillämpas i följande kursuppläggning:

- Åk 7: Material och mätningar. Instrument
Fria undersökningar av balansvåg och fjädrar
Vätskemanometrar och atmosfärstryck
Molekyler
Energi

- Åk 8: Krafter
 Elektriska kretsar
 Krafter och energi
 Värme och temperatur
- Åk 9: Vågor
 Optik: strålgång, bilder, instrument
 Rörelse och kraft
 Kvalitativ kinetisk molekylarteori
 Elektronmagnetism
 Elektrostatik
 En enkel teori för ferromagnetism
- Åk 10: Newtons rörelselagar
 Kinetisk molekylarteori
 Experimentell grund för energiprincipen. Idéhistorisk översikt över bestämningar
 av mekaniska värmeequivallenter
 Energi och effekt
 Elektriska strömkretsar, potentialskillnad, effekt
 Elektronströmmar, fältstyrka och Millikans försök
- Åk 11: Cirkulär rörelse, centripetalacceleration
 Elektronströmmar, mätningar av e/m_e
 Solsystemets astronomi, idéhistorisk framställning
 Vågor
 Radioaktivitet
 Modern atomfysik

Arbetsformer

I klassrummet är elevernas eget experimentella arbete centralt. De skall få tid och möjligheter att arbeta som vetenskapsmän: formge experiment, möta svårigheter och arbeta på att övervinna dem på egen hand. Det vetenskapliga arbetet är ett slags detektivarbete. Eleverna finner ledtrådar, prövar deras värde och drar slutsatser. De skall föra en arbetsjournal under arbetet - en sådan journal kommer närmare vetenskapligt arbete än en formell redogörelse, där arbete med materielförteckningar och noggranna teckningar av apparaturen tar alltför lång tid.

Ett arbetssätt med så ringa detaljstyrning kommer att medföra, att olika elever hinner olika mycket. För de snabbare eleverna finns utvidgande buffertproblem. De svagare eleverna kan behöva repetitioner. De lata eleverna, slutligen, får föga gjort. Erfarenheterna visar dock att faran inte är så stor: i praktiken kan få motstå att arbeta i ett "öppet laboratorium". I teorin kan man också fråga, om det spelar så stor roll, att den late inte får så mycket gjort? Pådriven av en lärare kan han tvingas genom ett experiment, men känner han inte någon motivation, så bidrar det kanske inte alls till hans förståelse av fysik.

Till läromedlet hör också problem för hemarbete och för diskussioner i klassen. Frågorna är avsedda till att uppmuntra tänkande och att testa förståelsen. Ofta är de lämpliga att ge innan ett moment är genomexaminerat för att stimulera kreativiteten. De kan också uppmuntra eleverna till att göra grova skattningar - sådana är fruktbara ur förståelsesympunkt och kan dessutom motverka bilden av fysik som en vetenskap, där man endast sysslar med ytterst precisa mätningar.

Examina

Målet för kursen är, som nämnts ovan, att ge eleverna en bestående förmåga att förstå fysik. I examina och andra prov skall därför inte finnas frågor som kräver memorerade definitioner och formella beräkningar. I stället skall frågorna vara informella, men kräva konstruktivitet och djupare förståelse.

Studiekursen skall förbereda för O-level examen efter femte årets studier. Även denna examen måste modifieras om kursen skall göras full rättvisa.

(Teachers' Guide III, s 1-13, 56-63; V, s 2)

Beträffande den sista punkten, O-level examen, meddelar läromedlet att de examinationsgrupper, som universiteten tillsätter, har gått med på att inleda försöksverksamhet med särskilda prov för de elever som läst fysik enligt Nuffield-kursen.

Eleverna har inte någon faktabok i konventionell mening. Förutom sina anteckningar och laborationsprotokoll har de i stället en "Questions Book". Som titeln antyder, innehåller boken problem av olika slag, men där finns också några få teorirutor. Problemen kan innebära en uppmaning till eleven att göra en teoretisk härledning av ett samband, där läraren tidigare under lektionstid gjort samma härledning; eleven kan också uppmanas att beskriva och dra slutsatser ur ett gjort försök eller att tillämpa funna samband. Totalt möter eleven drygt 1 100 problem under de fem läsåren.

För att få en uppfattning om problemens inriktning har jag klassificerat dem efter tre dikotomier:

1. **Experimentella eller teoretiska uppgifter:** En experimentell uppgift kräver för sitt lösande att man först gör ett anmodat experiment. Materielen kan hämtas ur laboratoriet eller ur vardagen. Detta behövs ej för att lösa en teoretisk uppgift. Den kan innebära ett studium av läroboken eller av andra böcker, ett tankeexperiment, att lösa en räkneuppgift eller dylikt. Även en uppgift, som hänvisar till ett tidigare experiment i den fasta lärogången, klassificerar jag som teoretisk, om syftet är att visa elevens förståelse av experimentet och inte innebär något nytt försök.

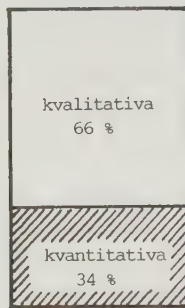
2. **Kvantitativa eller kvalitativa uppgifter:** Den kvantitativa uppgiftens resultat är en numerisk eller algebraisk utsaga. Resultatet av en kvalitativ uppgift kan vara en beskrivning i ord av ett experiment, en systematiserande utsaga, en komparativ utsaga "ju ... desto ..." eller liknande. En uppgift, som leder till en icke-numerisk och icke-algebraisk utsaga klassas som kvalitativ, även om kvantitativa överväganden ligger till grund för den.

3. **Konvergenta eller divergenta uppgifter:** Om uppgiften leder till ett entydigt svar, så är uppgiften konvergent. Svaret kan vara entydigt bestämt i förväg (ex en konventionell räkneuppgift) eller entydigt för problemlösaren (ex "ange din massa i kg"). Den divergenta uppgiften kan vara en diskussionsuppgift, en uppmaning att redogöra för någon valfri tillämpning av ett samband osv. Svaret kan alltså inte etiketteras "rätt" eller "fel", på sin höjd "bättre" eller "sämre". Divergenta uppgifter är särskilt intressanta att studera, då de förekommer synnerligen sparsamt

i traditionella läromedel.

Låt oss först undersöka hur uppgifterna i samtliga "Questions Book" fördelar sig mellan teori och experiment. Man finner att knappt 6 % av dem är experimentella. Åtskilliga uppgifter refererar visserligen till försök som har laborerats eller demonstrerats enligt "Teachers' Guide", men enligt ovan klassificerar jag dem som teoretiska. De innehåller ej något specifikt experiment utan syftar till att pröva elevens förståelse av det tidigare försöket. De sant experimentella uppgifterna är enklare försök, som eleven oftast kan göra hemma. Av den låga andelen kan man möjligen våga dra slutsatsen att läromedelsförfattarna anser, att lärogångens välsekvensierade experiment räcker - utvidgningar är ej önskvärda.

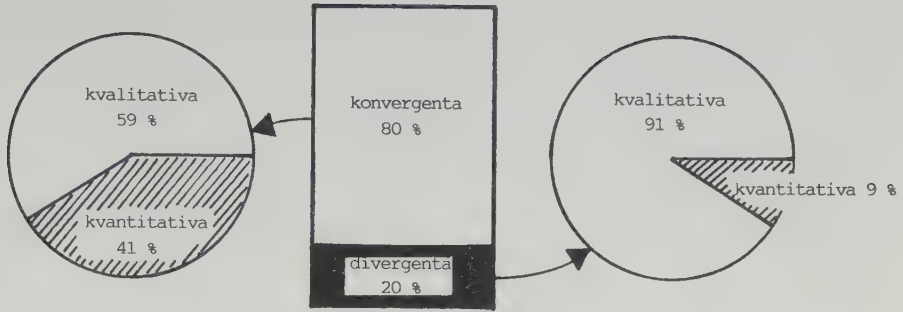
Intressantare är då de två andra dikotomierna. Vi börjar med fördelningen mellan kvalitativa och kvantitativa uppgifter, vilken visas i figur 3.2.



Figur 3.2. Fördelningen mellan kvalitativa och kvantitativa uppgifter i Nuffield Physics

Ungefär $2/3$ av uppgifterna är kvalitativa, endast $1/3$ kvantitativa. Bilden av fysiken som en vetenskap, där man mest sysslar med noggranna mätningar och beräkningar, skall motverkas, och i prov- och examensuppgifter skall formella beräkningar och formelmanipulationer ej beredas plats. Det är då logiskt, att kvantitativa uppgifter inte tillåts dominera elevernas övningsuppgifter.

Eftersom "rätt-fel"-kategorisering inte bör ha så stor plats i kreativt tänkande, kan man vänta sig en ganska stor andel divergenta uppgifter. Figur 3.3, som redovisar fördelningen mellan divergenta och konvergenta uppgifter, visar att totalt sett var femte uppgift också är divergent. Tio av elva divergenta uppgifter, i sin tur, är kvalitativa. Det är svårare att spekulera över denna sistnämnda dominans av kvalitativa uppgifter. En vanlig typ av divergent uppgift visar sig vara att eleven



Figur 3.3. Fördelningen mellan konvergenta och divergenta uppgifter i Nuffield Physics

skall planera ett experiment, avsett att undersöka ett givet fenomen. Den kvantitativa analysen kommer inte in på samma sätt i ett experiments planeringsfas som när det är genomfört, varför denna typ av uppgift oftast är kvalitativ. Kanske är det så enkelt, att det är mindre svårt att konstruera kvalitativa divergenta uppgifter än kvantitativa dito!

3.2. PSSC

I avdelning 2.3 redogjorde jag kort för hur PSSC uppkom i USA och hur dess läromedel överfördes till Sverige. Det första PSSC-försöket i Sverige och Norge gjordes 1962-68. 13 svenska gymnasieskolor deltog. Försöket utvärderades bl a genom enkäter till berörda lärare och elever. Deras synpunkter sammanställdes och bildade utgångspunkt för en omarbetning av läroböckerna. Den omarbetade upplagan utgavs 1967-68, och samtidigt (1966) startade det andra PSSC-försöket, i vilket även Finland deltog. I det medverkade 21 svenska gymnasieskolor, av vilka 8 hade varit med redan i det första försöket. 5 skolor avstod alltså från att fortsätta med PSSC-kursen. Den enda av de i första omgången deltagande städerna som inte alls fanns med i andra försöket var Malmö, som hade haft 3 deltagande gymnasieskolor. Presentation och utvärdering av det första försöket redovisas i en slutrapport (från 1971?), sammanställd av K G Friskopp och I Bartholdson. Någon avrapportering av det andra försöket har jag inte återfunnit. Innehållet i nämnda slutrapport används i nedanstående presentation, tillsammans med första svenska upplagens PSSC-böcker och, för jäm-

förelsens skull, ett samtida "konventionellt" läromedel (Almkvist m fl "Fysik för realgymnasiet").

Grundtanken i PSSC-kursen är att "skapa en fysikkurs som passar i ett snabbt föränderligt samhälle" (Friskopp, s 1). I stället för faktamängder, som kanske snart blir inaktuella, skall kursen träna elevernas förmåga att "tillägna sig ny fysikinformation och konstruktivt lösa nya problem" (ibid, s 2). Konsekvenserna för stoffet blir då, att det måste koncentreras till en kärna av centrala begrepp och samband, som i gengäld skall kunna förstås på djupet av eleverna. Det betyder dels att begreppen och sambanden måste motiveras och diskuteras, dels att de inte presenteras som allmängiltiga, exakta och fulländade naturlagar. I stället måste hela tiden teoribyggandets användning av mer eller mindre approximativa metoder påvisas. Den vunna kunskapen är inte slutgiltig. Bättre, eller alternativa, approximationer kan alltid utvidga vetandet.

Kursens målsättning har även konsekvenser för arbetssättet. Eftersom eleven skall få insikt i processen, hur fysikern skapar kunskap, måste experimentet och diskussionerna kring det spela en central roll. Eleven skall lära sig att ställa en hypotes, konstruera reliabla och valida experiment som testar hypotesen, genomföra experimentet och dra slutsatser - ett korrekt naturvetenskapligt arbetssätt, som ger honom verktyg att vinna kunskap med även i situationer utanför fysiksalen.

När PSSC-kursen utformades i USA avsågs den att ges som en ettårig kurs (ca 8 vtr) i senior high school, elevålder 16-17 år. I realiteten krävdes dock 1,5 - 2 läsår för en fullständig behandling. Förutom elevläroböckerna med teoriavsnitt och problemavdelningar producerades laborationshandledningar, specifik laborationsmateriel, ett femtiotal undervisningsfilmer samt en omfattande lärarhandledning. Dessutom utgavs en serie populärvetenskapliga böcker, Science Study Series. (Många av dem utgavs på 1960-talet i Sverige av bokförlaget Prisma.)

Skolförhållandena i Sverige var i viss mån annorlunda än i USA. När de svenska eleverna började gymnasiet hade de en grundläggande fysikkurs från realskolan. Under gymnasietiden hade de fler undervisningstimmar (sammanlagt 12,5 vtr på fyraårigt gymnasium och 11 vtr på treårigt gymnasium enligt 1933 års stadga; 10,5 vtr i Lgy 65), och kursen i matematik var mera omfattande. Vidare hade de svenska skolorna en bättre experimentutrustning för laborationer och demonstrationer. Dessa argument motiverade en bearbetning av kursen, vilken samtidigt ej fick bli för omfattande, så att nytänkandet i fysikundervisningen stördes. Modifieringarna innebar en strykning av vissa inledande moment, en stringentare matematisk

framställning av mekaniken och elläran samt tillägg av avsnitt om fotometri, polarisation, transmissionsgitter, rotationsdynamik, växelström med elektronik samt sedemera kärnfysik, fasta tillståndets fysik och relativitetsteori. Läromedlet delades i fem delar med disposition enligt nedan.

I. Fysikens grunder

1. Vad är fysik?
2. Tid och tidmätning
3. Rummet och dess mått
4. Funktioner och ändringar i skalan
5. Rörelse längs en bana
6. Massa
7. Atomer
8. Molekyler och kristaller
9. Det gasformiga tillståndet
10. Mätning

II. Optik

11. Ljusets verkningar
12. Reflexion och bildalstring
13. Refraktion
14. Linser och optiska instrument
15. Partikelmodellen för ljus
16. Vågrörelser
17. Vågor och ljus
18. Interferens
19. Ljusvågor

III. Mekanik

20. Vektorer
21. Kraft och rörelse
22. Rörelse i jordens gravitationsfält
23. Den allmänna gravitationen och solsystemet
24. Impuls och rörelsemängd
25. Arbete och kinetisk energi
26. Potentiell energi
27. Rörelsemängdsmoment
28. Värme, molekylrörelser och energins konstans

IV. Ellära

29. Introduktion till elläran
30. Coulombs lag och elementarladdningen
31. Laddade partiklars rörelse i elektriska fält
32. Likströmskretsar
33. Magnetfält
34. Elektromagnetisk induktion
35. Växelström och elektronik

V. Kvantfysik

36. Undersökning av atomen
37. Fotoner och materievågor
38. Kvantssystem och atomstruktur

(Denna femte del är den första svenska versionen av del V. Där ingår ej de senare tillagda kapitlen om kärnfysik, fasta tillståndets fysik och relativitetsteori.)

Man skrev inte någon särskild svensk laborationshandledning, och ej heller översatte man lärarhandledningen. Varje deltagande skola fick den amerikanska lärarhandledningen i stället. Av filmerna köpte man ett femtontal, vilka visades på originalspråket.

En utvärdering av PSSC-kursen bör lämpligen innehålla en jämförelse mellan elever som läst PSSC och elever som läst vanlig kurs. Arbetsgruppen försökte, tillsammans med psykologiska institutionen vid lärarhögskolan i Malmö, göra en sådan jämförelse. Av olika skäl tvangs man konstatera, att "några objektiva metoder för en total testning av PSSC-elever i förhållande till elever med vanlig kurs kunde inte åstadkommas" (ibid, s 8). Man testade dock läsförståelsen och förmågan att arbeta med helt okända problem. Därvidlag fann man en viss skillnad till PSSC-elevernars fördel.

I övrigt var man tvungen att lita till mera subjektiva utvärderingar. Deltagande lärare och elever fick redovisa sina synpunkter på lärokursen vid sammanträden och i enkäter. **Lärarna** ansåg, att

- vissa partier var för ordrika;
- den matematiska behandlingen var stundom för svår;
- det behövdes sammanfattningar efter varje kapitel och svar till övningsuppgifterna i läroboken;
- en utförlig lärarhandledning krävdes;
- stora partier av den inledande delen kunde undvaras, så att kursen började med optiken i stället;
- flera tekniska tillämpningar behövdes;
- det blev ofta tidsbrist, och den traditionella schemaläggningen med bundna laborationstimmar var olämplig.

Även **eleverna** ansåg boken ordrik och önskade sammanfattningar efter varje kapitel samt svar till övningsuppgifterna. I övrigt tyckte de, att

- svårighetsgraden ökade efter hand, men en beskrivning i ord föredrogs framför en matematisk. Den matematiska behandlingens svårighetsgrad och omfattning ansågs dock lagom;
- hälften av eleverna ansåg sig kunna läsa boken själva utan att läraren hade förberett dem. (ibid, s 10-11)

Projektgruppen tillmötesgick en hel del av synpunkterna i omarbetningen. Böckerna blev fyra till antalet (Optik, Mekanik, Ellära, Kvantfysik), utökades i vissa partier och försågs med facit.

Vi går tillbaka till den första svenska upplagan av PSSC-böckerna

		Storhet, enhet, mätetal. Noggrannhet. Mätning av längd, tid, area, volym. Modellbegreppet. Svarta lådan.
Mekanik för vätskor och gaser. Vridande krafter. Statik. Luftpumpar. Hydraulik.	MEKANIK Materians atomära byggnad och faser. Massa. Krafter. Tyngden, tyngdpunkt, allmänna gravitationslagen. Translationskinematik. Newtons lagar. Arbete och effekt. Mekanisk energi. Energiprincipen. Rörelsemängd och impuls. Rörelsemängdens bevarande. Tröghetskrafter.	Rotationskinematik. Tröghetsmoment, rörelsemängdsmoment. Rörelsemängdsmomentets bevarande. Keplers lagar.
VÄRMELÄRA Kalorimetri. Fasövergångar. Värmespridning. Meteorologi.		
Jordmagnetiska fältet. Elektrolys, galvaniska element, ackumulatorer och generatorer. Elektriska mätinstrument.	ELLÄRA OCH MAGNETISM Elektrostatik: Coulombväxelverkan, fält och fältstyrka, spänning. Elektrodynamik: ledare och isolatorer, ström, resistans, Ohms lag, Kirchhoffs lagar. Magnetism: magnetisk växelverkan, magnetiskt fält, elektromagneter, kraft på strömgomfluten ledare och på rörlig laddning, induktion. Växelström.	
Polarisation. Strålningslagarna. Braggs relation.	OPTIK Ljusets utbredning, reflexion, brytning. Linser. Optiska instrument. Ögat. Elektromagnetiska spektret. Färgspridning. Interferens. Vågrörelselära.	
AKUSTIK		
Kvanttal. Pauliprincipen. Kärnfysik: radioaktiv strålning, fission och fusion.	ATOMFYSIK Fotonen. Fotoelektriska effekten. Rydbergs formel. Spektroskopi. Materievågor. de Broiglies relation. Atommodeller: Rutherford, Bohr, vågmekanik.	
ASTROFYSIK Stjärnklassificering. Stjärnornas utveckling och energiproduktion. Universums struktur.		

Figur 3.4. Jämförelse mellan PSSC-kursen och ett traditionellt läromedel

för en detaljgranskning av dem. Det kan vara informativt att jämföra PSSC-kursen med framställningen i ett samtida, "traditionellt" gymnasieläromedel. Jag har valt Almkvist-Beskow-Herlin-Knave, "Fysik för realgymnasiet". Det består av sju delar: Mekanik för R I⁴ och R I³, Värmelära, Elektricitetslära, Optik, Mekanik för R IV⁴ och R III³, Atomfysik samt Astrofysik.

Vad är då det nya med PSSC? Jag kan naturligtvis börja jämförelsen med att räkna antalet begrepp och samband i de båda läromedlen, eftersom målbeskrivningen för PSSC talar om en begränsning till kärnan av centrala begrepp. PSSC behandlar ca 2/3 av begreppen och sambanden i Almkvist m fl. Detta är skäligen värdelös information, som blir intressant först när man ser vilka gemensamma respektive specifika moment som ingår. Det åskådliggörs i figur 3.4 på föregående sida.

Vi ser ur figuren, att den traditionella kursen innehåller mekanik för vätskor och gaser, statik, värmelära, akustik, astrofysik och diverse tillämpningar som ej finns i PSSC. Denna kurs betonar mätteknik i stället samt innehåller rotationsmekanik.

Ännu större blir skillnaden, när man ser till presentationen av stoffet. Särskilt tre karakteristika hos PSSC-kursen förtjänar att nämnas: den atomära ansatsen, modelltänkandet och den experimentella motiveringen av sambanden.

Redan i första boken penetrerar PSSC **materians atomära struktur** i detalj. Läroboken lägger ned stor möda på att motivera existensen av atomer, exempelvis genom att visa elektronmikroskopbilder och fältjonmikroskopbilder, skolförsöket med stearinsyra på niktpudrat vatten samt radioaktivt sönderfall. När atomens existens anses fastlagd går man noggrant igenom vissa experimentella lagars konsekvens för atom- och molekylteorin. Den atomära framställningen går sedan igenom överallt i den fortskridande lärogången. Man försöker hela tiden se den "klassiska" fysiken ur "modern" synvinkel.

Nästa karakteristikum är **modelltänkandet**. I anslutning till första bokens behandling av det gasformiga tillståndet möter eleverna begreppet "modell" för en approximation till verkligheten. Behovet av modeller i fysiken exemplifieras och diskuteras. I den fortsatta lärogången behandlas partikel- respektive vågmodeller för ljus, atomär modell för elektrisk ström och för ferromagnetism samt olika modeller för atomens struktur. Man redovisar inte bara vad modellerna kan förklara, utan även vad de inte klarar av. Vikten av att veta begränsningarna och att inte töja sin modell för långt betonas.

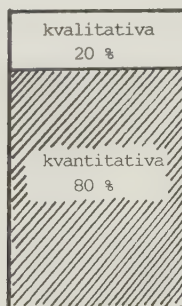
(Det är intressant, att även för PSSC finns det en gräns för modell-tänkandet. Ovan har jag använt uttryckssättet "atomens existens" med avsikt. Läroboken behandlar atomen som ett faktum, inte som en hypotes. Endast på ett undanskymt ställe, del I, s 116-117, finner man formuleringen: "Vi har t ex gjort en atommodell av materien - vi har påstått att all materia är uppbyggd av fundamentala enheter, atomer.")

Det tredje utmärkande draget är iveren att **motivera alla samband experimentellt**. PSSC-böckerna redovisar experiment och experimentutfall i text, diagram och många bilder. Ur dessa utfall härleds sedan samband. Kontrasten är stor mot den traditionella framställningen i Almkvist m fl. Där fastslås de flesta sambands existens utan närmare motivering ("Det gäller, att ..."), och andra samband härleds algebraiskt, ofta i specialfall för att sedan generaliseras.

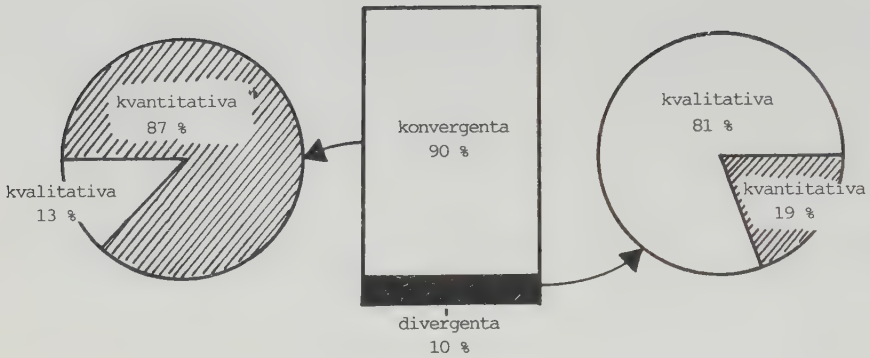
Både PSSC-böckerna och Almkvist m fl är försedda med elevuppgifter. Dessa kan kategoriseras efter samma kriterier som användes på uppgifterna i Nuffield Physics' "Questions Book", avdelning 3.1. Jag redovisar först uppgiftsanalysen för PSSC.

PSSC-böckerna innehåller 776 övningar, varav 6 % är experimentella. Beträffande fördelningen mellan kvalitativa och kvantitativa uppgifter är den, som man kan vänta sig, helt annorlunda än i Nuffield Physics. Se figuren 3.5 nedan. 4 av 5 uppgifter är kvantitativa. PSSC-kursen vänder sig till äldre elever med tillgång till kraftfullare matematiska redskap, och det är naturligt att PSSC-kursen använder dem till att tränga på djupet i fysiken.

I figuren 3.6 redovisas fördelningen mellan konvergenta och divergenta uppgifter. Även PSSC-kursen ger eleverna divergenta uppgifter, om



Figur 3.5. Fördelningen mellan kvalitativa och kvantitativa uppgifter i PSSC



Figur 3.6. Fördelningen mellan konvergenta och divergenta uppgifter i PSSC

än bara var tionde övning. Enbart existensen av dem innebär dock, som vi kommer att se, ett nytänkande. Ett annat nytänkande är att ca 100 av uppgifterna, 12,5 %, är avsedda att lösas med grafiska metoder. Uppgifterna är till stor del konstruktion av och/eller tolkning av grafer, men man finner även mätningar på fotografier, strålgångskonstruktioner och visar-diagram. Slutligen kan också PSSC-kursens många litteraturanvisningar, 80 st, noteras.

En jämförelse med Almkvist m fl kan göras. Där ger analysen:

461 uppgifter → { 458 teoretiska och kvantitativa (99 %)
3 teoretiska och kvalitativa (1 %)

Samtliga konvergenta

9 uppgifter skall lösas med grafiska metoder. (I optikavsnittet finns många strålgångskonstruktioner, men de är i samtliga fall avsedda att vara medel för att ur likformighetsbetraktelser el dyl räkna fram ett svar. Eleven får inte mäta på sin strålgångskonstruktion, hur noggrann den än är.)

12 litteraturanvisningar, samtliga på atomfysik- respektive astrofysikavsnittet, återfinns.

4. ANDRA BILDEN: PIAGET I MED- OCH MOTVIND. KONTEXTBEROENDE INLÄRNING

4.1. Inledning

I kapitel 2 skisserade jag den fysikdidaktiska debatten under 1900-talet och nämnde bl a G Stanley Halls rekapitulationsteori från sekelskiftet. Enligt den "rekapitulerade" barnet sitt släktes utvecklingshistoria i sin egen utveckling. Speciellt för fysikundervisning implicerade teorin att barnet måste rekapitulera fysikens idéhistoria för att lära sig fysik. Efter ca ett årtionde fick dock Halls teori vika för Edward L Thorndikes inläringsteori, "konnektionismen", som beskrev inläring i termer av förbindelser (connections) mellan stimuli och responser. Halls utvecklingspsykologi, med fyra nivåer som centralt tema, ersattes alltså med Thorndikes behaviouristiska inlärningspsykologi.

Efter hand stelnade fysikundervisningen, men mot slutet av 1950-talet började förändringens vindar åter att blåsa. Den "första vågen" in- nebar framför allt en omstrukturering av fysikämnets innehåll, men även metoden diskuterades. Den andra generationens behaviourister (Hull, Skinner, Gagné, ...) presenterade sina inlärningsmodeller. De programmerade läromedlen skapades och upphöjdes till undervisningens quinta essentia. När de förväntade framgångarna inte blev så stora förlorade behaviouristerna terräng. Utvecklingspsykologiska teorier vann insteg. Två företrädare är Bruner och Piaget. C I Sandström skriver i "Boken om pedagogerna" (Naeslund, 1979, s 223):

"Märkligast är dock Piaget och den positionsutveckling som han blivit föremål för. Han började tidigt som biolog, och en biologisk grundsyn har genomsyrat hela hans väldiga författarskap. Redan vid 20-talets slut började han bygga upp sin barnpsykologiska berömmelse utifrån ett ytterligt genomarbetat och omfattande observationsmaterial. Under 50-talet var han jämte Arnold Gesell i Amerika etablerad som samtidens främste barnpsykolog. Hans svårtillgängliga arbeten började översättas till engelska under 50-talet, och i början av 60-talet fick han med John Flavells 'The Developmental Psychology of Jean Piaget' en slagkraftig presentation för en större amerikansk akademisk publik. Vid den stora internationella psykologkonferensen i Moskva 1966 framträdde han som den klarast lysande stjärnan inom allmän psykologi. Året därpå var han inbjuden att föreläsa i USA och fick ett starkt genombrott som pedagog. Med 70-talet har han inte minst på den allmänna marxistiska vågens skumbrusande topp förts fram som ledande både teoretisk och praktiskt tillämpbar pedagog.

Icke utan en viss förmåga att exponera sin person torde Piaget ha varit förtjust över den enorma uppmärksamhet som hans person utsatts för, men samtidigt måste han med sina djupa rötter i en logisk-analytisk filosofi av exklusivaste franska märke ha känt sig starkt konfunderad över det sätt på vilket hans pragmatiskt lagda amerikanska uttolkare behandlat hans idéer. Det torde också gälla hans inte alltid så subtila nordeuropeiska tolkningar."

Redan på 1920-talet gjorde Piaget undersökningar av förskole- och lågstadiebarns tänkande. Under åren 1925-33 grundade han sin teori för spädbarnets utveckling på intensiva studier av och problemlösningsexperiment med sina egna tre barn. Före 1940 hade han publicerat de undersökningar om barns logiska, numeriska och geometriska begrepp, som framför allt nordamerikanska pedagoger har försökt att tillämpa. Redan då hade han en uppfattning om att intelligensutvecklingen löpte över fyra plattåer med jämvikt i de kognitiva processerna, **de kognitiva nivåerna**. För fysikundervisningens vidkommande är tänkandets utveckling under tonåren av centralt intresse. Standardverket om denna gav Piaget och hans medarbetare Bärbel Inhelder ut 1955, "De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent". Första engelska översättningen kom 1958 under titeln "The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence". (Nedan kommer denna bok ofta att omnämnas med förkortningen "GLT".)

Primärsyftet med det här kapitlet är att exemplifiera hur Piagets teori för den kognitiva utvecklingen har tillämpats inom det fysikdidaktiska forskningsfältet. Citatet ovan talar om "... pragmatiskt lagda amerikanska uttolkare och inte alltid så subtila nordeuropeiska interpreter". Det är därför intressant att själv bilda sig en uppfattning om hur mycket som ligger i denna karakteristik.

Däremot gör jag inte något försök att framlägga Piagets teori i mikroversion, och detta av två skäl. Det ena skälet är att Piagets teori ej utgör teoribakgrund för avhandlingens huvudtema utan bara för ett exempel på fysikdidaktisk inriktning. För att förstå denna inriktning behövs visserligen bakgrundskunskap, men här kommer det andra skälet in. Piagets teori för den kognitiva utvecklingen är komplex, tvärvetenskaplig, holistiskt uppbyggd och inte alltid kristallklart formulerad. En version i "punktform" tenderar till att bli en trivialisering intill felaktighetens gräns, och därför är det lämpligare att avstå och i stället hänvisa till fylligare framställningar. Av originalverken har jag använt Inhelder & Piaget (1972). Dessutom hänvisar jag till Brainerd (1978), McCarthy Gallagher & Reid (1981), Elkind (1983) samt Sjöberg (1979, 1981a, 1982). Brainerd framställer Piagets utvecklingsteori och granskar den i viss mån kritiskt, medan McCarthy Gallagher & Reid fokuserar på teorins inlärningsaspekter. Sjöberg är fysiker och har ett annorlunda perspektiv på Piagets teori och begreppshantering.

Här nöjer jag mig med att redovisa några karakteristika för Piagets forskning som behövs för den fortsatta diskussionen. Detta görs i nästa avdelning.

4.2. Tre komponenter i Piagets forskning

En viktig aspekt på Piagets teori för den kognitiva utvecklingen (den genetiska epistemologin) är att den ej kan ses fristående utan måste relateras till två andra komponenter, nämligen Piagets och hans medarbetares (Geneveskolan) metod för datainsamling (den kliniska metoden) och den systematiserade empirin (de kognitiva innehållen). Den kliniska metoden ger en katalog av åldersrelaterade kognitiva innehåll, som visar hur den kognitiva utvecklingen manifesterar sig i observerbart beteende - dvs utanför huvudet. Piagets teori, å andra sidan, är en modell för vad som sker inuti huvudet. Modellen skall åtminstone utgöra en förklaringsgrund till de kognitiva innehållen. Det finns därför skäl för att kort beröra några karakteristika för de tre komponenterna.

DEN KLINISKA METODEN

Den metod som försett Piaget med bakgrund till hans teorier kallas av honom således den kliniska metoden och består av tre steg:

1. Försökspersonen införs i en problemlösningssituation.
2. Flera varianter av situationen presenteras för att bestämma gränsen för försökspersonens förmåga.
3. Försökspersonens svar på en variant bestämmer vilken variant som skall utföras därefter. (Brainerd, 1978, s 38)

Brainerd (ibid, s 38-41) gör några kommentarer till metoden:

a) Metoden är i viss mån manipulativ, dock ej i samma utsträckning som en experimentell metod i konventionell mening. Ju äldre barnen är, desto mera manipulativ är den.

b) Försökspersonernas antal är mycket litet. Det ger inte på något sätt statistiskt underlag för prediktioner. Piaget och hans medarbetare är inte heller intresserade av "hur många" barn som exempelvis befinner sig på en given nivå vid en viss ålder, däremot följderna av utvecklingsnivåerna och mekanismerna vid övergångarna.

c) Testproceduren är ej standardiserad och kräver lång och adekvat träning för att kunna tillämpas;

d) Diagnostikproceduren är konservativ i så avseende att för att en försöksperson skall anses ha ett visst kognitivt innehåll så måste han lösa alla, eller nästan alla, variationer på ett problem. Risk finns således för att en försöksperson ej tillskrivs en egenskap som han i

själva verket besitter.

e) I Piagets rapporter finner man en betoning på att sätta resultaten av studierna i kognitiv utveckling i relation till vetenskapsfilosofi samt allmän och matematisk epistemologi. Vidare gör han långa, repeterande och ofta något pedantiska teoretiska analyser av bokstavligen varje smula av data från den empiriska forskningen. Antalet sidor som Piaget ägnar åt teoretisk analys är stor; däremot behandlar han sin metod och kvantitativa resultat betydligt mera lättvindigt.

KOGNITIVT INNEHÅLL

Den kliniska metodens utfall systematiserar Geneveskolan till en katalog av kognitiva innehåll. Dessa utgör teorins empiriska bas. De manifesterar sig, fördjupas och vidgas alltefter individens utveckling fortskrider.

I spädbarnsåldern är innehållen först självcentrerade och slumpmässiga för att sedan mogna till medvetna (internaliserade), välorganiserade innehåll, vilka är anpassade till omgivningens krav (Brainerd, 1978, s 48-59; McCarthy Gallagher & Reid, 1981, s 66-75; Sjøberg, 1981a, s 40-42).

Förskolebarnet kännetecknas av egocentriskt perspektiv samt ett kausalitetstänkande, som innebär dels en oförmåga att acceptera att en händelse kan vara slumpmässig, dels ett levandegörande av livlösa föremål. I denna ålder förstår också barnet att vissa transformationer är irrelevanta och ej påverkar ett föremåls (kvalitativa) identitet (Brainerd, 1978, s 103-114; McCarthy Gallagher & Reid, 1981, s 75-83; Sjøberg, 1981a, s 42).

Med ökande ålder tillkommer nya innehåll, och hos barn i den lägre skolåldern identifierar Piaget innehåll rörande konservervation av antal eller någon annan kvantitativ egenskap, serieordning, rumsliga relationer och klassificering (Brainerd, 1978, s 138-168; McCarthy Gallagher & Reid, 1981, s 85-104; Sjøberg, 1979, s 47-48, 1981a, s 43-47).

I tonåren börjar den sista fasen i intelligensens utveckling. Den manifesteras i kognitiva innehåll, vilka Inhelder och Piaget grupperar med hänvisning till deras "minsta gemensamma nämnare", av dem kallade **scheman**. I utvecklingens sista fas är de åtta till antalet: kombinatoriskt tänkande, proportionalitetstänkande, koordination av referenssystem, jämviktstänkande, begrepp om sannolikhet, begrepp om korrelation, multiplikativt kompensationsstänkande och fysikalisk konservervation (Inhelder & Piaget, 1972, s 307-329; Brainerd, 1978, s 229-240; Sjøberg, 1979, s 48-57).

DEN GENETISKA EPISTEMOLOGIN

Piaget har kallat sin teori för en genetisk epistemologi. "Epistemologi" betyder "kunskapslära", och Piaget använder "genetisk" i betydelsen "utveckling". Ordet "genetisk" för annars tanken till biologin, och Piagets teori har också kallats "biologisk". Det betyder dock ej att teorin försöker förklara den kognitiva utvecklingen med hjälp av fysiologiska variabler, utan att den använder biologiska termer som liknelser. Däremot är den biologiskt anknuten på så sätt att Piaget anser att intelligensens tillväxt är ett specialfall av den allmänna tillväxten (Brainerd, 1978, s 13-15; McCarthy Gallagher & Reid, 1981, s 12-26). Piagets genetiska epistemologi är således en teori om hur individens tänkande utvecklas. Den är ej en inlärningsteori. Ett postulat är, att vad barn är kapabla att lära in beror på vilket steg i utvecklingen som de har nått. Inlärning och utveckling är därför skilda, men växelverkande storheter (McCarthy Gallagher & Reid, 1981, s 2-10, s 40-57; Elkind, 1983, s 55-60).

Piagets modell för "insidan av huvudet" kan ses bestå av två beståndsdelar.

Den ena beståndsdelen är de generaliserade tanke- och handlingsmönster, vilka konstituerar individens kunskapsmassa vid en given tidpunkt. Kunskapsmassan är ej statisk, varken i omfattning eller i form. Kunskapen är ordnad i utvecklingsberoende kognitiva strukturer. Spädbarnets kunskap kan beskrivas som "beteende", "motorisk färdighet", vilket allt efter utvecklas till "tankeförmåga", internaliserad kunskap. I avslutningsfasen betecknas de kognitiva strukturerna med **operationer**. Operationerna har väldefinierade karakteristika: dels skall de kunna reverteras mentalt, dels skall de vara organiserade i helhetsstrukturer. I helhetsstrukturen finns en stor klass av potentiella operationer (vad som kunde ha gjorts) jämsides med varje aktuell operation (vad som verkligen gjordes). Piaget beskriver de kognitiva strukturerna med satslogik, grupp- och latticemalism (Sjöberg, 1981a, s 38-40; även ex vis Almqvist, 1968, Mendelson, 1968). Strukturbegreppet bygger på tre nyckelidéer:

1. Strukturerna har **helhetskaraktär**, dvs helheten är mera än summan av delarna.
2. Strukturerna är ett system av **transformationer**.
3. Strukturerna bevaras och berikas genom **självreglering**. (Sjöberg, 1981a, s 25)

Teorins andra beståndsdel är maskineriet, som styr omformningen och utbyggnaden av de kognitiva strukturerna. Piaget använder beteckningen

kognitiva funktioner för styrmekanismerna, vilka riktar utvecklingen från enklare mot mera komplexa funktionella nivåer. Enligt Piaget styrs den kognitiva aktiviteten av

- organisation av kunskapen i helheter;
- adaption av ny kunskap.

Adaptionen sker i sin tur genom två balanserande processer: **assimilation**, som anpassar informationen så att den passar i de existerande kognitiva strukturerna, och **ackomodation**, som ändrar strukturerna så att de kan assimilera ett vidare informationsspektrum.

Vidare anser Piaget att utvecklingen ej sker linjärt utan genomlöper ett antal platåer med relativ stabilitet, s k **kognitiva nivåer**. Nivåbegreppet är fundamentalt - fastän, enligt vad vi kommer att se, i högre grad för Piagets tillämpare än för honom själv. Piaget anser att de kognitiva nivåerna är "verkliga" på så sätt att de kan observeras som "naturliga grupperingar" av kognitivt innehåll, vilka dyker upp vid särskilda tillfällen under utvecklingen.

Enligt Piaget måste varje nivå uppfylla vissa kriterier. De viktigaste är följande fyra:

1. Kvantitativ tillväxt av intelligensen är inte tillräcklig. Det måste också ske kvalitativa ändringar i det kognitiva innehållet, så att alla nivåerna har skilda kognitiva strukturer.

2. Alla barn passerar genom nivåerna i samma ordningsföljd, den naturliga förvärvsordningen, som är kulturellt invariant.

3. Tidigare, mera primitiva, strukturer försvinner inte under den mentala tillväxten, utan utgör snarare den grund på vilken de mera avancerade strukturerna byggs upp. Detta kallas **den hierarkiska principen**.

4. Strukturerna, vilka tillhör en viss nivå, måste integreras till en helhet innan nivån är manifesterad (**principen om helhetens strukturer**).

De tre första kriterierna är nödvändiga, men det är bara den fjärde som är tillräcklig. När de tre första kriterierna är uppfyllda återstår det för de nyvunna strukturerna att förenas i en helhet, innan man kan säga att individen har nått en ny kognitiv nivå. Till dessa kriterier kan läggas två ytterligare karakteristika, som utan att vara formella kriterier ändå är viktiga. Det första är att varje nivå kännetecknas av en förberedelsefas med instabila innehåll, vilka ej tillämpas konsekvent, och en verkställande fas, där strukturerna är integrerade till en helhet i jämvikt. Det andra karakteristikat är **tidsspridningen** inom och mellan nivåerna. Piaget identifierar en horisontell tidsspridning, som orsakas av kvantitativa strukturella förändringar under förberedelsefasen och inne-

bär en invariant följd av två eller flera versioner av ett kognitivt innehåll. Exempelvis lär sig kanske barnen att konservera antal, massa och längd i en viss ordning. Vidare inför Piaget en vertikal tidsspridning, orsakad av kvalitativa strukturella förändringar. Den kan återfinnas om man jämför innehåll i den verkställande fasen hos olika nivåer. Så väntar man sig exempelvis att konserveration utbildas efter andra men före fjärde nivån (Brainerd, 1978, s 30-37).

De fyra nivåerna kallas, i tur och ordning,

1. Sensorisk-motoriska nivå (spädbarnsåldern)
2. Föroperationella nivå (förskoleåldern)
3. Konkreta operationsnivå (lägre skolåldern)
4. Formella operationsnivå (tonåren och uppåt)

I denna avhandlings kontext är forskning kring den sista nivån speciellt intressant, eftersom formella operationer enligt Piaget är en förutsättning för naturvetenskapligt processtänkande.

De fyra nivåernas kännetecken kan beskrivas på två sätt. Det ena sättet är en listning av respektive nivå's kognitiva innehåll (se ovan). Detta är kanske lättillgängligare än det andra sättet, vilket innebär en strukturell beskrivning med hjälp av matematisk-logisk formalism. De båda beskrivningssätten är kopplade: empirin blir inte bara en experimentellt fastslagen förteckning utan framstår som en logisk konsekvens av formalismen. De som har tillämpat Piagets teori på naturvetenskaplig undervisning har dock koncentrerat sig på de kognitiva innehållen.

4.3. Replikationsundersökningar

Som kriterier på en god teori brukar nämnas högt förklaringsvärde, klarhet i begreppsdefinitioner, logisk koherens, enkelhet, fertilitet, generalitet samt exakticitet. I avdelningarna 4.4 och 4.5 diskuterar jag vissa av dessa kriterier för att se huruvida Piagets teori för den kognitiva utvecklingen uppfyller dem. Teorin bygger på experiment, och som ett första test vill jag här redovisa utfallet av en del replikationsundersökningar. I de flesta fall innebär de försök att reproducera Piagets experiment under mera kontrollerade former för att kunna ställa och testa hypoteser med hjälp av etablerade statistiska metoder. Undersökningarna prövar ju inte teorin utan bara de experiment, ur vilka teorin härleds. De är ändå

fundamentala, ty om experimenten ej kan reproduceras, finns det ingen anledning att befatta sig med teorin. Den har då visats vara en koloss på lerfötter.

De replikationsundersökningar, som jag berör, kan struktureras under två rubriker.

A. FINNS BEGREPPET "OPERATIONELLT TÄNKANDE"?

De flesta som tillämpat Piagets teori på undervisning har, som nämndes ovan, tagit fasta på de kognitiva nivåerna. Vare sig detta är en rättvis tolkning eller ej av teorin, så kan det vara intressant att studera undersökningar som försöker påvisa existensen av nivåerna.

Lovell (1961) har reproducerat Inhelders och Piagets försök i GLT under statistiskt mera välkontrollerade former. I stort finner han överensstämmelse med deras försöksresultat, men även punktvisa avvikelser. En speciell kommentar kan nämnas. Lovell finner, att den vanliga undervisningen inte verkar ha påverkat utfallen i särskilt stor utsträckning. Beviset för det är dels att endast fyra, eller möjligen fem, av de tio experimenten ingår i fysikkursen, men i analysen visade dessa experiment inte någon skillnad gentemot de andra; dels fann man elever som hade mött experimentet i undervisningen men ändå inte förstått det, eftersom de ej hade nått de formella operationerna. (Detta är i linje med Inhelders och Piagets ställningstagande i samma fråga. I GLT, 1972, s 338, skriver de

"... we have often taken special note of the convergence between some of our subjects' responses and certain aspects of instruction in school. The convergence is so striking that we wonder whether the individual manifestations of formal thinking are not simply imposed by the social groups as a result of home and school education. But the psychological facts allow us to reject this hypothesis of complete social determinism. Society does not act on growing individuals simply by external pressure, and the individual is not, in relation to the social any more than to the physical environment, a simple tabula rasa on which social constraint imprints ready-made knowledge. For, if the social milieu is really to influence individual brains, they have to be in a state of readiness to assimilate its contributions. So we come back to the need for some degree of maturation of individual cerebral mechanisms.")

Shayer (1979) reproducerar ett urval av Piagets och Inhelders försök under statistiskt säkerställda former. En faktoranalys av data visar, att variansen i uppgifternas svar hade en stor gemensam andel, ca 60 %. Bakom dem, säger Shayer, finns alltså en förenande begrepp "which seems to justify the use of a unifying construct such as operational thinking to describe what these five tasks have in common (s 270, min markering). Genom att uppgifterna bröts ned i flera variabler förfinades faktoranalysen. Den visade ånyo en faktor som förklarade stor del av den gemen-

samma variansen. Ett undantag fanns dock - kombinatoriskt tänkande. Denna variabel visade låg korrelation med övriga variabler. Piagets hypotes att kombinatoriskt tänkande skulle vara intimt förbundet med övriga formella operationer kan därför, enligt Shayer, vara fel.

Såväl Lovell som Shayer har sålunda till en betydande del återfunnit de i GLT redovisade resonemangsmönstren kring problemlösande. Ett par kritiska punkter infinner sig omedelbart.

1. Den kliniska metoden är en oskiljbar del av experimenten. Dess möjligheter att registrera nyanser i försökspersonernas uttalanden och att leda diskussionen vidare, på olika sätt för varje individ, låter sig svårligen tillvaratas i en form som medger statistisk analys. Ur den aspekten är det inte påvisat att Lovell och Shayer verkligen har reproducerat Piagets och Inhelders försök.

2. I och med att Lovell och Shayer anser sig ha återfunnit resonemangsmönstren, så anser de också att Piagets bakomliggande **teori** är styrkt. Detta syns till exempel i Shayers beredvillighet att döpa faktorn bakom den gemensamma variansen till "operationellt tänkande". De problematiseringar ej härledningarna, annat än i ett försiktigt ifrågasättande av sättet att redovisa teorin på. Lovell anmärker att det verkar som om Piaget tvingat in barnens tänkande i ett teoretiskt ramverk. Han anser ändå, att **resultaten i GLT är av stort värde även om man stryker den matematisk-logiska formalismen** (min markering). Shayer anser i likhet med Lovell att Piagets logisk-matematiska analys av resultaten i GLT är tveksam, men att resultaten i sig har ett värde. Denna tendens att upphöja de kognitiva innehållen till rang och värdighet av teori diskuterar jag längre fram.

Lawson, Karplus & Adi (1978) inleder sin artikel med en hänvisning till Piagets och Inhelders uttalanden att formellt tänkande kännetecknas dels av resonemangsmönster, som kan återföras på satslogik, dels av förmåga att tillämpa vissa scheman. Satslogik och formellt-operationella scheman utvecklas synkront enligt Piaget och Inhelder. Lawson et al undersöker denna förmenta synkronisering med i stort sett samma tester och likartad statistisk utvärdering som Shayer skulle komma att använda. Deras dataanalys visar att antalet elever, vilka löser uppgifter som är tillämpningar av formellt-operationella scheman, ökar stadigt med åldern, medan de satslogiska knappast ökar alls. En vidare analys visar två komponenter som tillsammans förklarar ca 60 % av variansen. De uppgifter, som ansluter sig till formellt-operationella scheman, har stora faktorladdningar

med den första komponenten. De satslogiska uppgifterna har motsvarande höga laddningar med den andra. Resultatet talar, anser författarna, mot hypotesen att satslogik och formellt-operationella scheman utvecklas synkront under ungdomsåren. Snarare verkar de utgöra två skilda psykologiska faktorer.

En jämförelse mellan Lawsons et al och Shayers artiklar visar sålunda att tolkningen går olika vägar, ehuru de använt ungefär samma tester. I ett senare arbete av Shayer & Adey (1981) skriver dessa (s 66):

"... we might note that the difference between our view and that of Karplus and Lawson can be seen to be only a matter of quantitative emphasis."

Shayer fokuserar på andelen **gemensam** varians och anser denna tyda på en bakomliggande, allomfattande struktur som kan kallas "operationellt tänkande". Karplus koncentrerar sig på den **specifika** variansen och utvecklar i stället sin teori om tankemönster, vilka kommer till användning i vetenskapliga resonemangsstrategier.

B. UNDERSÖKNINGAR AV ENSKILDA KOGNITIVA INNEHÅLL

Konkret-operationella innehåll

På 1960- och 70-talet började Piaget intressera sig för de pedagogiska implikationerna av sin teori. En replikationsstudie på inlärning är Andersson (1976), som är intressant av flera skäl. Piagets teori om kognitiv utveckling och inlärning sätts i relation till ett avsnitt i SCIS/LMN-programmet. Avhandlingen kan därför ses som en vetenskaplig utvärdering av SCIS/LMN, om än i begränsad omfattning. Dessutom är den den första svenska avhandlingen i pedagogik med fysikdidaktisk inriktning enligt en studiegång i forskarutbildningen, som då nyss hade definierats. Andersson finner, att rumsliga konkret-operationella innehåll kan läras in, även av elever som betecknas som föroperationella.

Formellt-operationella innehåll

Många naturvetenskapliga samband bygger på proportionaliteter. Proportionalitetstänkande uppvisas i så hög ålder, att det bör vara ett formellt-operationellt schema (Karplus & Karplus, Karplus & Peterson i Frey & Lang, 1973; Sjöberg, 1979). Relationen mellan proportionalitetsundersökningarna och Piagets teori är uppenbart svag. Den enda kopplingen är, att Piaget förutsäger formella operationer i samma åldersintervall, som

Karplus' et al undersökningar visar är nedre gränsen för en relativt stor andel proportionalitetstänkande.

I denna avdelning har jag relaterat några få replikationsundersökningar, utvalda på grund av att de på ett eller annat sätt är relevanta för min framställning av Piaget-inspirerad fysikdidaktik. En översikt över andra replikationsstudier finns i Brainerd (1978), McCarthy Gallagher & Reid (1981) samt i I Andersson (1979).

4.4. "Förutsättningarna!" sade Euklides

I avdelning 4.2 har Piagets teoribyggnad rest sig som en katedral, från den sensoriskt-motoriska kryptan upp till de smäckra formellt-operationella spirorna, smyckad med operationella helgonstoder på olika våningar. Avdelning 4.3 tycktes dock visa på vissa hållfasthetsbrister hos valvbågarna; en del av helgonstoderna blev gargoyler i stället, och de formella operationerna får kanske fortfarande vara kvar högst upp men personifierade i den enögde, puckelryggige och allmänt ofullständige ringaren.

För att fortsätta i det storartade bildspråket, så skall vi nu gräva runt grunden på teoribyggnaden och kontrollera, om pålningen är riktigt gjord. Replikationsundersökningarna har ju nästan uteslutande testat det kognitiva innehållet, men Piagets teori har inte problematiserats i någon större utsträckning. Denna problematisering är temat i föreliggande avdelning.

Enligt Piaget strävar varje individs tänkande mot att tillägna sig formellt tänkande. Det formella tänkandet är också förutsättningen för en förståelse av naturvetenskapens begrepp, samband och arbetssätt. Av den anledningen är det naturligtast att jag koncentrerar mig på kritiken mot teorin för formella operationer. Det är också den del av Piagets teori, som över huvud taget dragits i tvivelsmål. Sjøberg (1981a) skriver, att detta är paradoxalt på ett sätt, eftersom Piaget förmodligen härlett sina konkreta "grupperingar" genom att ålägga det formella tänkandet restriktioner. Ändå är den konkret-operationella modellen teoretiskt och empiriskt starkare än sin utgångspunkt, det formella tänkandet.

Kritiken mot Piagets formellt-operationella modell kan struktureras i tre områden (Sjøberg, 1981a, s 63-64).

1. **Kritik mot grunden för teorin.** Piaget har valt ganska speciella experiment, vanligen helt traditionella fysikförsök (oftast i mekanik). Man finner det kanske litet egendomligt att en så begränsad och speciell empiri skall ha så universell giltighet. Om då dessutom vissa av de här experimenten upphöjs till "klassiska", så att nya försök valideras relativt dessa, finns en risk för cirkelargumentering.

2. **Kritik för bristande sammanhang mellan teori och empiri.** Redan Piagets egna tolkningar är svårtydda, och långt värre är det för någon annan att försöka använda modellen. Eftersom modellens begrepp är svåra att operationalisera är de svårligen falsifierbara. Många hävdar också att modellen ej är i stånd att beskriva åtskilliga sidor av vuxen intelligens, som ex vis kreativitet, moralvärdering, personlighetsutveckling, livsfilosofi, känsloliv, ... I bästa fall kan vi kanske få överensstämmelse mellan empiri och modell på några få områden, t ex de som rör sig om sådan problemlösning som beskrivs i GLT.

3. **Kritik av den logiska modellen.** Från början bestod kritiken av att påpeka inkonsistenser och ofullständigheter, men senare har den gått ut på att valet av satslogik som modell är olämplig. (Se ex vis Lawson, Karplus & Adi, 1978.) Många formella satser och konnektiv tolkas annorlunda i satslogiken än i vardagsspråket. Ett exempel är implikation, som i vanligt tal betyder "medför" i betydelsen "kausalt samband". I satslogiken däremot gäller, att om en sats implicerar en annan, så betyder det bara att det inte är så att den första satsen är sann och den andra är falsk. Piaget var själv missnöjd med formallogiken, säger Sjøberg, och arbetade på att modifiera den. De fortsatta arbetena vid Geneveskolan har ännu inte givit något påtagligt resultat.

Seiler (i Frey & Lang, 1973, s 249-283) diskuterar Piagets teori för formella operationer och belyser vissa svaga punkter. Seilers diskussion faller inom alla tre områdena ovan. Han finner frågan om generaliteten hos Piagets teori särskilt viktig och spaltar upp den i tre kategorier:

- **interindividuell generalitet**, som innebär att alla individer inom ett bestämt åldersintervall måste vara kapabla att tänka formellt i alla (eller i de flesta) problemsituationer, och att allas tänkande stämmer överens i grundstrukturerna;

- **intraindividuell generalitet**, dvs att en individ som nått de formella operationernas nivå tänker formellt i alla problemlösningssituationer konsekvent i stället för att behandla vissa problem konkret;

- **intrastrukturell generalitet**, vilket är att en formellt tänkande

individ måste behärska alla de strukturellt skilda formella operations-systemen.

Enligt Piaget äger hans teori generell giltighet i alla tre dimensionerna. Seiler ifrågasätter detta med exemplifieringar från andra studier och klassificerar därur Piagets teori om det formella tänkandet som "en typiskt kognitivistisk teori med alla företräden och svagheter hos en sådan ansats" (s 267). Teorin betonar med rätta uppbyggnaden av ett övergripande och systematiskt regelsystem, men tenderar att utsträcka generaliteten för långt.

En intressant granskning av Piagets teoribyggnad görs av Sjøberg (1982). Sjøberg granskar Piagets uppfattningar om begreppet "konservation" samt om vissa fysikaliska storheter eller samband (aktion, massa, tröghet, konservering av vikt i betydelsen "tyngd", volym) och finner, att

- Piagets begreppsdefinitioner är "luddiga" ur fysikalisk synvinkel;
- vissa av Piagets påståenden om barns förståelse av konservering är ej operationaliserbara och därmed ej testbara;

- den påstådda "logiska nödvändigheten" av vissa konversationsprinciper ter sig litet egendomlig i sken av naturvetenskapens idéhistoria, ur vilken man ser att den motsatta uppfattningen varit giltig vetenskap under lång tid;

- en del av Piagets förmenta konversationsprinciper har begränsad empirisk giltighet. Konservering av vikt (tyngd) mäts av Piaget genom vägning i luft, varför utfallet är beroende av vågens placering i latitud och höjd över havet samt av volymförändringar hos det vägda ämnet. Konservering av volym gäller bara vid fysikaliska förändringar av inkompressibla ämnen.

GLT är ett viktigt verk i Geneveskolans forskning. Det är angeläget att studera fysiken i det, säger Sjøberg (ibid, s 43-44) och anför följande skäl:

1. Verket är det första, och faktiskt också det enda, som explicit förankrar Piagets logiska formalism i empiriska data.

2. De många fysikaliska försöken i GLT har "bildat skola". De har replikerats i sin ursprungliga form av många, och de har blivit utgångspunkt för skriftliga klasstester som används i stor skala.

3. Eftersom GLT var tänkt som en analys av hur barn utvecklar förståelse av fysikaliska lagar, så blir det viktigt att se på författarnas egen hantering av dessa lagar.

4. Det nära sambandet mellan fysisk kausalitet och logiska operati-

oner i Piagets teori gör att en kritik av fysiken i GLT blir viktig.

Sjøberg väljer sedan några försök ur GLT, redogör för Piagets och Inhelders beskrivningar, ger - i förekommande fall - en korrekt lösning av problemet och kritiserar sedan avslutningsvis GLT. Sjøberg finner allvarliga brister i GLT:s framställning av fysikförsöken. Dessa brister är:

- **oklarheter i terminologi**, t ex sammanblandning av skalära och vektoriella storheter (massa-tyngd, tryck-tryckkraft) eller dimensionsfel (densitet får ibland dimensionen tyngd/volym och framställs stundom dimensionslöst; jfr det äldre begreppet "egentlig vikt");

- **oklarheter i försöksbeskrivningar**, som försvårar eller omöjliggör reproduktion av försöket. Vid ett försök med en kula, som rullar i en horisontell ränna, har rännans profil och utskjutsanordningens funktion inflytande på utfallet. Ingendera anges dock. Ett annat försök, rörande centrifugalkrafter, verkar enligt Sjøberg omöjligt att bygga upp så att det reproducerar Piagets utfall;

- **direkta fysikaliska felaktigheter**, som till exempel i ett försök på jämvikt i ett hydrauliskt system, där Piaget verkar anta, att kraft och motkraft är lika stora endast i jämviktssituationer;

- **kontextuella inflytanden**, vilka märks i härledningar av jämviktssvillkor för balansvågen och lutande planet. Dessa kan härledas antingen statistiskt med krafter eller vridmoment i jämvikt, eller dynamiskt utgående från d'Alemberts princip om virtuellt arbete. Piaget anser att den dynamiska lösningen är den enda rätta och exemplifierar med barn som förklarar jämviktssvillkoren på detta sätt. Enda rimliga förklaringen till att franska och schweiziska barn "spontant" resonerar utifrån en sådan dynamisk princip måste vara, att de mött denna förklaring i skolan. Detta är i så fall allvarlig kritik mot GLT:s val av experiment. (Lovell, 1961, fann inte någon elev som förklarade balansvågen med mekaniskt arbete.)

4.5. Fysikdidaktik genom Piaget-slipade glasögon

Piagets teori för kognitiv utveckling är en komplicerad byggnad med en holistisk struktur, där delarna inte kan lösgöras ur helheten. Replikationsundersökningarna har stött delar av Piagets empiri och falsifierat andra. Kritik kan riktas på formella grunder mot den, och speciellt teorin för formella operationer är svagt underbyggd. Om teorin ändå är helt

eller delvis giltig, så äger den i alla fall inte den generella tillämpning som Piaget ansåg. Ändå har Piagets teori "tillämpats" inom skolans värld, och där i stor utsträckning inom naturvetenskaplig undervisning. Detta är naturligt: eftersom Piagets empiri, särskilt för de konkreta och de formella operationerna, bygger på naturvetenskapliga skolexperiment, så är överföringen ganska enkel. På vägen finns dock, som vi kommer att se, åtskilliga fallgropar.

Här skall jag redovisa några ansatser inom fysikdidaktiken, där man har lutat sig mot Piaget. Två av dem, Dahlman (1980) och Martin (1980) är "fragmentariska" i den betydelsen att de endast tar fasta på en mycket liten del av Piagets teori. I Martins fall kan man undra, om han i själva verket inte tar fasta på uttolkares filtrerade bild av Piagets teori i stället. Två andra, Sjøberg (1979) och Shayer et al (1972, 1976, 1978, 1981), har utarbetat tillämpningarna betydligt mera. Shayer och hans medarbetare klassificerade såväl lärostoff som elever, och Sjøberg tillämpade denna klassificering på norska förhållanden. 1981 gav Shayer tillsammans med Adey ut en bok, där de sammanfattade sina tidigare forskningar men framför allt ställde upp taxonomier, med vilkas hjälp "läraren i gemen" skall kunna Piaget-gruppera lärostoff och elever.

Vi skall först titta på två konkreta undervisningsprojekt, som syftar till en förändring av fysikundervisningen med Piaget som legitimering. Det första projektet leddes av Dahlman i Malmö och rapporteras i Dahlman & Glad (1980). Rapporten redogör för ett försök med alternativ fysikundervisning under tre år vid en högstadieskola i Malmö. Försöket initierades av, att

- högstadieeleverna ofta tyckte att fysik var svårt och ointressant, varför ämnet kom långt ner på deras popularitetslistor;
- många elever hoppade av från gymnasieskolans N- och T-linjer.

Författarna har tolkat Piagets teorier rörande inläring som om alltför många och svåra fysikmoment kommer för tidigt i undervisningen. Lgr 69:s stoffindelning är felaktig, anser Dahlman, eftersom den följer en akademisk lärogång utan hänsyn till områdenas abstraktionsgrad. Redan i början av åk 7 placeras mekaniken med sina svåra begrepp. Orienterande områden, exempelvis astronomi, läses i åk 9.

Det alternativa arbetssätt, som författarna förespråkar, har **spiralmetoden** som grundprincip. I åk 7 läser man de enklare momenten från varje fysikområde, i åk 8 de litet besvärligare och i åk 9 slutligen de moment som kräver abstrakt tänkande. Lärostoffet organiseras enligt denna princip

i en baskurs, som omfattar 2/3 av undervisningstiden. Den resterande tiden ägnas åt fritt valda teman. Arbetssättet är laborativt med 80-minuters lektioner i 20-grupper. Arbetet i grupperna var betygsgrundande tillsammans med skriftliga prov. De skriftliga proven innehöll en baskursdel med ett urval av i förväg kända frågor och en överkursdel med okända frågor.

Försöket utvärderades med en enkät till eleverna i slutet av åk 7. Enkäten upprepades i slutet av åk 9. Resultaten pekade på ett positivt mottagande. Slutligen har Dahlman undersökt hur de elever, som arbetat i försöket under högstadietiden och som valt N eller T på gymnasiet, klarat första gymnasieåret, mätt med betyg som framgångskriterium. Utan några anspråk på vetenskaplig stringens anser han sig dock finna, att de har hävdats sig väl eller mycket väl.

Dahlman verkar ha tagit fasta på Piagets nivåer samt Anderssons nivåklassificeringar (1974) av elever, när han legitimerar sina förändringar med uttalandet "... alltför många och svåra fysikmoment kommer för tidigt i fysikundervisningen" (Dahlman & Glad, 1980, s 3). Hans urval av lärostoff verkar dock inte bygga på någon taxonomi för nivåklassificering utan är troligen grundat på hans omfattande erfarenhet som lärare.

Det andra projektet kommer från USA. Martin (1980) beskriver hur han tillämpar Piagets teorier vid fysikundervisningen i high school. Han poängterar (s 34):

"It is important to recognize that some of these techniques are not new; good teachers have used them intuitively. What is new is that the Piagetian ideas provide a framework for understanding why certain teaching techniques are successful and for generating new ideas."

Martin tillämpar Piagetska idéer vid elevdiagnostisering och inom metodiken. Vid början av varje läsår får alla elever ett test, utarbetat av Lawson. Två av uppgifterna kräver konkret tänkande, de övriga formellt. Med hjälp av detta klassificerar han varje elev som konkret, i övergångsfas eller formell. På så sätt har han ett verktyg till förfogande, med vars hjälp han bättre kan vägleda varje enskild elev redan från början. De ej formella studenterna försöker han möta med fysikaliskt resonemang i små steg utan alltför mycket matematik; han anser sig lyckas med det utan att behöva individualisera undervisningen - det räcker med diskussionen i klassen och vid laborationstillfällena.

Martin fortsätter den Piagetska ansatsen i undervisningens uppläggning: fri undersökning, begreppsintroduktion och begreppsanvändning (dvs SCIS/LMN:s inlärningscykel!) Författaren finner det mer eller mindre svårt att tillämpa inlärningscykeln på olika fysikområden och noterar,

att eleverna uppskattar de områden högst, där inlärningscykeln har kunnat tillämpas i full utsträckning. Bakgrunden till inlärningscykeln är den självregleringsprocess, som förväntas inträda när nya erfarenheter ej kan assimileras in i gamla tankemönster. Martin konstruerar arbetsuppgifter och laborationsinstruktioner med självregleringen som målsättning. Arbetsuppgifterna görs mera "verklighetsnära" med överflödiga data och krav på skattningar. Vid laborationsövningarna tillhandahåller han materiel och instruktioner om materielens handhavande, men eleverna skall i görligaste mån designa experimenten själva. (Detta upplevs som positivt av formella studenter, men arbetsamt av övriga.) Martins tillämpning av Piagets teorier tycks i huvudsak bestå av ett användande av 'Karplus' inlärningscykel.

De arbeten, vilka jag nu skall diskutera, är betydligt mera detaljarbetade. De är Shayers, 'Karplus' och Sjøbergs nivåklassificeringar av elever. Shayer har dessutom fortsatt med att försöka skapa taxonomier, med vilkas hjälp varje lärare skall kunna göra egna klassificeringar. Uppenbarligen har dessa författare placerat de kognitiva innehållen i centrum:

"A very hard-nosed empirical view was taken. It was assumed that Piaget was a genius as an experimentalist, and that his experimental intuition might be better trusted than his ability to construct theoretical models." (Sjøberg, 1982, s 122)

"... we have based all of our empirical work on the tier 1 accounts of tasks and interviews, and on the tier 2 general description of stages based directly on them." (Shayer & Adey, 1981, s 26)

Ur Geneveskolans beskrivningar har alltså Shayer arbetat fram flera taxonomier för klassificering av lärostoff. Den första publicerades 1972 i hans doktorsavhandling och är beskriven i Sjøberg (1979, s 68-70). Shayer använde den på flera av Nuffieldprojekten. (Se även Shayer, 1972.) Han fann, att

- ingen systematisk ökning i intellektuell kravnivå kunde påvisas i Nuffields biologi- och kemikurser. Fysikkursen var något mera anpassad till elevernas kognitiva utveckling. Dels återfann man där en viss progression i stoffnivå från första året till ungefär halvvägs genom det fjärde - därefter krävdes formellt tänkande i så gott som alla moment. Dels föregicks varje abstrakt resonemang eller sambandssökande av experiment, vilka tjänade som härledningsgrund. Även första årskursen rymde dock åtskilliga moment på formell nivå (ca 1/3 av samtliga). (Se även min presentation av Nuffield Physics, avdelning 3.1.)

- till och med för de högt begåvade eleverna med IK > 115 låg krav-

nivån för högt de första åren. För att kunna helt tillägna sig kursen ända från början krävdes IK > 125, vilket innebar den översta femtedelen av eleverna i urvalsskolan.

Nuffieldböckerna skrevs också ursprungligen för urvalsskolorna med sina mera studiebegåvade elever. När läromedlen sedan oförändrade användes i den obligatoriska skolan, så måste det helt enkelt gå galet, sluter Shayer.

Karplus och hans medarbetare har vi mött tidigare. Bl a stod de bakom det direkt Piaget-inspirerade SCIS-projektet. Därefter har de arbetat ut ett enkelt system för analys av begrepp och problem i de naturorienterande ämnena. Även denna beskrivning finns i Sjøberg (1979, s 75-76). Karplus' medarbetare använde taxonomin i en rad undersökningar. Även dessa visar, att endast de elever, som klassificerats som formellt-operationella (utgående från Piagets egna klassificeringsgrunder), förstår formella begrepp.

Med dessa båda klassifikationssystem som bakgrund analyserar Sjøberg (1979) sjunde klassens kurs i fysik-kemi, som den beskrivs dels i den norska Mønsterplanen, dels i motsvarande läroböcker. Målbeskrivningen för de naturorienterande ämnena i Mønsterplanen är slagordsmässig (Sjøberg, 1979, s 79), men i den efterföljande kursplanebeskrivningen finner Sjøberg det svårt att hitta anvisningar om hur dessa mål skall nås. De ämnesmässiga aspekterna tycks ha fått dominera. Beskrivningen skulle likaväl kunna vara ett universitetspensum. Kursplanen sägs vara "vägläddande", men enligt Sjøberg har detta tolkats som om valfriheten lämnas till den enskilde läraren, medan läroböckerna måste följa Mønsterplanen. Under avsnittet "Arbetsformer" sägs, att uppgifter och problem skall "så långt det är möjligt anpassas till den enskilde eleven och hans förutsättningar". I övrigt preciseras inte vilken abstraktionsnivå som avses. Många av de påbjudna kursmomenten kan knappast framställas utan modelltänkande och andra krav på formella operationer.

Sjøberg analyserar därefter läroböckernas framställning av densitet och tvåarmad hävstång. Avseende framställningen av densitet finner han, att samtliga läroböcker kräver en fullt utvecklad formellt-operationell förståelse. Begreppet presenteras som en ämnesegenskap, som skall förstås i ljus av flera variabler i en atommodell. Går man vidare till övningar och problem, ser man att de är formulerade så, att eleverna kan hantera dem med standardmetoder som inte kräver någon förståelse. Problemen har gjorts "konkreta" (i Karplus' terminologi) genom att symbolerna har förvandlats till konkreta föremål som flyttas runt efter givna regler.

Densitet verkar handla om sambandet mellan tre storheter: två är kända, sök den tredje!

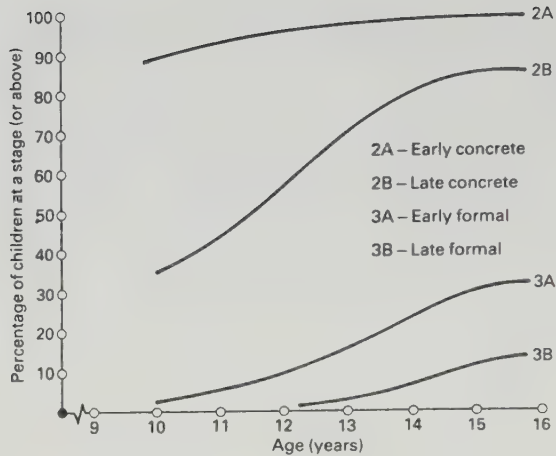
Mönstret går också igen när det gäller framställningen av tvåarmad hävstång. Intressant är även att studera stoffurvalet i de läroboksversioner som är tillrättalagda för lågpresterande elever. Sjøberg finner, att det som avlägsnats är det konkreta stoffet: konkretiseringarna, exemplen, användningarna, historieanknytningen. Kvar i "minimumvarianten" finns bara det abstrakta, akademiska lärostoffet utan motivationshöjande konkretiseringar.

Vi lämnar Sjøberg och går tillbaka till Shayer. Han och hans medarbetare fortsatte med sina nivåklassificeringar, denna gång av elever (Shayer, Küchemann & Wylam, 1976; Shayer & Wylam, 1978). Efter hand fann de, att de använda klassifikationskriterierna inte utan ingående träning kunde användas av "vanliga" lärare. De omarbetade därför taxonomierna. De nya taxonomierna för nivåklassificering av lärostoff och elever, jämte en sammanfattning av de ovan nämnda rapporterna, samlades i boken "Towards a Science of Science Teaching" (Shayer & Adey, 1981). Innehållet i boken kan struktureras efter rubrikerna

- en modell för elevernas naturvetenskapliga tänkande;
- elevtest enligt denna modell;
- taxonomier för kursplaneanalyser;
- diskussion av undervisningens förändring.

Shayer & Adey baserar sin bok på Piagets beskrivningar av försökspersonernas utsagor och på hur han passar in dessa observationer i ett mönster av kognitiva nivåer. Själva metateorin, den algebraiska framställningen, förkastar de. (Se även citatet ovan.)

Beträffande elevtesten konstruerade författarna s k "Science Reasoning Tasks" (SRT), utgående från försök i GLT. Avsikten med SRT var att de skulle kunna ges till en hel skolklass i taget och att testresultaten skulle kunna fördela eleverna inom de kognitiva nivåerna. Shayer & Adey lade stor möda på att reliabilitera och validera testen. En del av validitetskontrollen bestod i att undersöka testens prediktionsvärden. Kontrollen gick till så, att för ett stickprov av elever bestämdes deras kognitiva nivåer med SRT. De gavs därefter ett prov på några arbetsområden, där varje uppgift hade klassificerats efter vilken kognitiv nivå som den krävde. Korrelationen mellan elevernas kognitiva nivåer och deras svar inom respektive nivå var hög. (En fundering är, att om såväl elevernas som uppgifternas nivåer bestämdes med taxonomier som utgick från



Figur 4.1. Fördelning av barn på skilda Piagetska nivåer i ett representativt brittiskt stickprov (Shayer & Adey, 1981, s 9)

samma källa, GLT, så är det goda resultatet ej förvånande.)

SRT användes i en stor undersökning. Denna avsåg att ge en bild av hur nationens elever fördelade sig på olika kognitiva nivåer och omfattade ca 12 000 elever i åldrarna 9-16 år från skolor i England och Wales. Resultaten sammanfattas i boken men kan också, i större detalj, återfinnas i Shayer et al (1976, 1978). En intresseväckande bild återges i figur 4.1 och visar fördelningen av barnen på de olika nivåerna. Shayer & Adey kommenterar figuren (s 44-47):

1. Generellt ligger den medelålder, vid vilken en viss kognitiv nivå ernås, mycket högre än vad Piagets arbeten föreslår. Detta kan vara en urvalseffekt. Piaget och hans medhjälpare har inte ett slumpmässigt urval vid sina undersökningar.

2. Kurvan som visar andelen elever, kapabla till formella operationer, planar ut vid 14-15 års ålder. En extrapolering ger vid handen, att kanske bara 30 % av den vuxna populationen skulle kunna använda formellt tänkande, i motsats till Piagets förmodan att alla når denna nivå förr eller senare.

3. Inom varje åldersgrupp finns en mycket stor variation inom ernådd kognitiv nivå. Man finner en minoritet elever, som ligger så långt före, att deras utveckling stämmer med Piagets hypoteser (punkt 2 ovan). I en sammanhållen skolform bör man då finna en minoritet elever, som ligger så långt bak, att de aldrig under skoltiden når upp till formella operationer. Om man ordnar eleverna i percentiler efter den ålder, då de når de senare kognitiva nivåerna, med de tidigaste åldrarna i toppen, så

finner författarna, att

- de översta 20 % är lämpade för traditionell naturvetenskaplig undervisning;

- de översta 5 % ligger 3 år före denna översta 20:e percentil, medan de nedersta 20 % ligger 6 år efter.

En stor del av boken upptas av taxonomier för nivåklassificering. Utgående från Piagets formella scheman, som de redovisats i GLT, har författarna konstruerat två taxonomier, med vilkas hjälp mål och kursföreskrifter kan analyseras.

Den första taxonomin beskriver psykologiska karakteristika för barns tänkande i sex kategorier med fem kognitiva nivåer inom varje kategori, från 1 = föroperationell till 3B = sent formellt-operationell. Denna taxonomi koncentrerar sig alltså på elevens mentala aktiviteter.

Den andra taxonomin är ett komplement och alternativ till den första. Den koncentrerar sig på olika resonemangsstrategier som är specifika för naturvetenskaplig aktivitet, indelad i nio kategorier där de fyra första huvudsakligen är tillämpliga på fysik och kemi, medan de sista fem hänförs till biologi och samhällskunskap.

Taxonomierna, som återfinns i boken på s 72-79 och 88-91, är mycket utförliga. Även här har författarna arbetat mycket med reliabilitering och validering. Deras avsikt är, att taxonomierna skall kunna användas av "läraren i gemen" och ej kräva beläsenhet i Piagets teori för kognitiv utveckling.

Slutackordet i detta kapitel om Piagets teorier och fysikdidaktiken låter jag utgöras av en rapport, skriven av Sjøberg 1982 och även berörd i avdelning 4.4. Den behandlar Piaget och fysikpedagogik. Allra först gör Sjøberg ett sammandrag av resultaten på detta område, och dessa är helt i linje med dem som jag har redovisat ovan - nivåklassificering av elever, elevens nivå kontra läromedlets och inlärningsstudier. I korthet finner Sjøberg (s 96-102), att

- elever med lägre socio-ekonomisk status får sämre resultat;
- könsskillnaden är relativt liten när det gäller att behärska de logiska operationerna (till skillnad från de stora differenser man finner avseende att behärska ex vis fysikstoff);

- variationen mellan (industrialiserade väst-)länder är liten i förhållande till variationen inom landet. Typiskt är ca 20 % av 14-åringarna formellt-operationella, medan andelen fördubblas till 16,5 års ålder;

- avseende läromedlen finner man inte någon systematisk stegring av abstraktionsnivån. Drygt hälften av momenten ligger på den formellt-operationella nivån;

- en vidareutveckling av den grova sorteringen av elever i "konkreta" och "formella" är att studera fördelningen inom de olika scheman, som finns i Piagets teori. Fördelen med att studera dessa scheman är att de reellt kan sättas i förbindelse med lärostoffet. Ett intressant drag är att samma elev hamnar på olika nivåer för olika scheman. Bristen på entydig klassificering kan bero på att mätinstrumentet är dåligt och inte duger till att mäta kognitiv nivå, men kan också tolkas som att det ej existerar en sådan helhetsstruktur som "formella operationer";

- inlärningsstudierna har givit det välkända resultatet att genomtänkta undervisningsuppläggningar kan ge bättre resultat än "standard-metoder", dvs att det "lönar sig att undervisa". Experimentgrupperna har signifikant bättre resultat än kontrollgrupperna. Då är förstås framgångskriterierna knutna till det innehåll som experimentgruppen har undervisats på. Överföringsvärdet är tvivelaktigt, så om eftertestens innehåll hade skilt sig från undervisningsinnehållet så hade kanske inte resultatet varit så uppseendeväckande. Vidare är det svårt att dokumentera någon bestående kognitiv utveckling.

Sjöberg ställer sig frågan: "Vad är då orsaken till att Piaget pedagogiskt kan tolkas i så många olika riktningar?" (ibid, s 117-119);

1. Piaget själv skrev föga om pedagogik, och när han gjorde det var det vagt och generellt. Han var intresserad av individen och av universella lagar för hur individen utvecklar sitt vetande. Pedagogens problem är däremot att handskas med stora grupper av elever samtidigt, och han är mera intresserad av förmedling av konkret lärostoff under givna yttre betingelser och med oftast färdigdefinierade undervisningsmål.

2. Piagets teorier är svårtillgängliga och går över ämnesgränserna. För att kunna komma i närheten av en förståelse får man inte riva loss psykologin från filosofin, eller experimentella data från det teoretiska sammanhanget.

3. Piagets vokabulär är stor och speciell. Många av de begreppsbe-teckningar som han använder, används också i många andra teorier och där med ett annat innehåll. Piagets begrepp är sällan operationaliserbara, och han ändrade både begreppsanvändning och ståndpunkter under sitt långa författarskap.

4. Medan helheten i Piagets teorier är svårtillgänglig, så är hans experiment och data ofta enkla. Det är många gånger frestande att lös-

göra dem från deras teoretiska sammanhang och upphöja dem till en normativ beskrivning av undervisningens mål eller innehåll.

"Av grunner som dette har Piaget både venner og uvenner på falske premisser. Mange støtter Piaget for standpunkter han aldri har hatt, og andre angriper ham for standpunkter han enten ikke har, eller som han forlengst har forlatt og selv kritisert langt skarpere. Dette gjelder generelt, og det gjelder fysikkens pedagogikk spesielt." (ibid, s 119)

Piaget beskriver både processen och produkten av den kognitiva utvecklingen. Teorin är holistisk och odelbar. När man tolkar den kan man gå i åtminstone två uppenbara fällor. Som exempel kan anföras vissa av de arbeten som jag behandlat i denna avdelning. Sjøberg redogör för dessa fällor (ibid, s 120-126), och jag återger avslutningsvis hans argumentering i sammandrag.

FÄLLA 1: Piaget-teori = struktur

Oftast betraktar man här teorin som synonym med beskrivningen av nivåer. Som nämnts ovan ligger denna fokusering bakom de flesta av de pedagogiska tillämpningarna. Man koncentrerar sig då på lärostoffets logiska form, helt lösripen från synpunkter på stoffets betydelse för eleven. På detta sätt bortser man exempelvis från motivation.

Teorin kan förenklas ännu mera, i det att man låter de enskilda experimenten bli synonyma med stadierna. Med andra ord blir en av Piagets metoder både mål och innehåll i undervisningen. Det kan vara värt att notera, att Piaget aldrig sade något om att dessa uppgifter i sig själva var värdefull kunskap. Däremot representerade de konkreta situationer där han kunde studera barnets logik.

Intresset för teorin har avtagit. Däremot har intresset för själva mättekniken antagit stora dimensioner. Piagets "Hur?" har ersatts med de angloamerikanska "Hur mycket? Hur många?"

FÄLLA 2: Piaget-teori = funktion

Om man uteslutande lägger vikt vid funktionen, sker där ofta förenklingar. Den grövsta är att utgå från Piagets begrepp "handling" ("Piaget har sagt att barn lär av handling och aktivitet, så ...") så bokstavligt att den därur inspirerade pedagogiken i klassrummet "... kan derfor lett bli en huskestue av alskens virksomheter, der antall decibel regnes som et mål for den laering som finner sted" (ibid, s 123).

En annan tolkning av Piagets "action"-begrepp ligger till grund för slagorden "learning by doing", "discovery", "inquiry". Eleven skall vara en forskare i miniatyr, och bilden av forskaren är en som upptäcker naturlagarna genom experiment. För Piaget är kärnpunkten utvecklandet av de logiska operationerna, och källan till dem är konkreta fysiska handlingar. Barnet utvecklas dock hela tiden genom konflikter mellan det kända och det okända, genom balansen mellan assimilation och ackomodation. De konfliktskapande situationerna varierar emellertid under utvecklingen. Så länge den empiriska abstraktionen dominerar, återfinns ofta konflikterna i konkreta situationer, där barnen experimenterar med sina egna fysiska handlingar. Enligt detta bör barn i tidig skolålder engageras i fysikaliska "försök" i vid betydelse. På så sätt kan de skapa stabila föreställningar om tid och rum, och genom empirisk abstraktion skapa den fysiska kunskap som enligt Piaget är så nära knuten till den logiska. Efter hand som logiken blir operationell sker en förskjutning från praktisk framgång till mental förståelse. Då kan konfliktsituationer uppstå ur verbala utsagor, logiska brister i slutledningskedjor eller i tankeexperiment, som inte nödvändigtvis är realiserbara. De "handlingar" med vilka individen löser sådana konflikter behöver ej vara fysiskt observerbara, utan de är "operationer". För elever i tonåren behöver alltså ej konkreta fysikförsök vara utvecklande i alla situationer, utan andra situationer kan

vara lika väl lämpade.

De "inquiry"- och "discovery"-orienterade riktningarna i fysikpedagogik refererar också till Piagets teori. Tanken verkar vara att barn på egen hand resonerar sig fram till fysikaliska lagar. Ovan har nämnts att detta verkar vara optimistiskt. Sådana lagbundenheter följer ej ur empiri allena. Fysikhistorien visar att exempelvis inom mekaniken förelåg empirin i tusentals år, innan Galilei och Newton konstruerade begrepp som gjorde våra enkla lagar möjliga. Vi skall inte inbilla oss, att våra elever utan ledning skall kunna finna de begrepp och lagar som vi idag finner fruktbara i vår naturbeskrivning. En tonvikt på experiment är ej en nödvändig slutledning ur Piagets teorier.

Det framgår, att mitt val av litteratur för redogörelsen i kapitlet snarare har varit att visa hur Piagets teorier fragmentiserats och vantolkats inom fysikdidaktiken, än att diskutera hur de har kunnat användas på ett meningsfullt sätt. Detta återkommer jag till i den avslutande diskussionen i avhandlingens tredje del.

5. TREDJE BILDEN: I HUVUDET PÅ EN FYSIKSTUDERANDE. KONTEXTBEROENDE INLÄRNING

5.1. Problem innehåll

Enligt Piagets teori skulle en individs ernående av konkreta och formella operationer ske oberoende av den kontext som han lever i. I föregående kapitel redovisades invändningar. Om de formella operationerna över huvud taget är en användbar förklaringsmodell för vuxet tänkande, så äger denna förmodligen inte en så allomfattande generalitet. Kärrqvist (1985, s 7-8) sammanfattar: "Alltfler undersökningar visar att kognitiva, logiska strukturer till vilka nya erfarenheter assimileras inte är oberoende av innehållet." Hon fortsätter, med hänvisning till andra undersökningar, att individens tänkande påverkas även av social och emotionell kontext samt av "de innehållsliga föreställningar och förväntningar, som denne bär med sig i situationen" (ibid, s 8). Kärrqvist hypotetiserar: "Hypotetiskt-deduktivt resonemang kan troligen inte ske utan innehållsliga föreställningar. Det är dessa som levererar spontana idéer för inläring. Inläringen av ett kursavsnitt påverkas snarare av de innehållsliga föreställningarna, än av de formella strukturer, som eleven använder." (ibid, s 8)

Driver & Erickson (1983) har försökt att sätta in florán av empiriska undersökningar om elevers föreställningar i ett begreppsligt sammanhang. I sin artikel strukturerar de vad Kärrqvist säger något mera i en uppsättning argument, vilka de anser ligger bakom undersökningarna om elevföreställningar (Driver & Erickson, 1983, s 39-40):

Premiss 1 (empirisk): Ur tidigare fysiska eller språkliga erfarenheter har många elever konstruerat **begreppsliga ramverk**, vilka de använder för att tolka de fenomen de möter under sina naturvetenskapliga studier.

Premiss 2 (empirisk): Dessa ramverk leder ofta till förvirring, då slutsatserna och förutsägelserna ur dem står i konflikt med motsvarande ur den etablerade vetenskapen.

Premiss 3 (empirisk): En välplanerad undervisning, som tar hänsyn till ramverken, utvecklar nya ramverk som närmare ansluter sig till skolvetenskapen.

Premiss 4 (normativ): Man bör bedriva forskning som leder till att

eleverna förstår skolvetenskapen bättre.

Slutsats: Man bör bedriva forskning som avslöjar elevernas ramverk, undersöka hur dessa växelverkar med erfarenheter från undervisningen och dra nytta av resultaten för att utveckla undervisningsprogram.

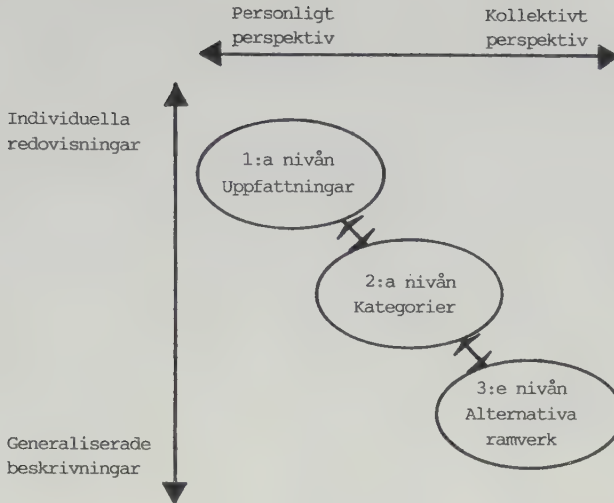
Den tredje och sista ämnesdidaktiska bilden skall sålunda inventera arkivskåpen i hjärnkontoret hos en fysikstudiosus. En exposé över olika elevföreställningar ges i en översiktsartikel av Gilbert & Watts (1983). Deras sammandrag kompletterar jag med granskningar i detta, och även i kap 14, av det svenska EKNA-projektets rapporter (1979, 1981, 1984, 1985), Kärrqvist (1985), Lybeck (1978, 1981), Sjöberg (1981b), Sjöberg & Lie (1981) samt Enge & Ekeland (1984). Hänvisningar till andra undersökningar kan återfinnas i Gilbert's & Watt's artikel.

Lybeck (1978) har lagt vetenskapsteoretiska aspekter på forskningsområdet. Han studerar olika former av kunskap, relaterade till olika begreppsnivåer. Lybeck anser att ämnesmetodisk forskning på processnivå är den centralaste. Ett exempel med denna inriktning är Lybeck (1981). Större delen av föreställningsforskningen har dock gjorts på produktnivån. Man har studerat elevers föreställningar om begrepp. Gilbert & Watts (1983) har behandlat dessa. I sin artikel noterar de, att med början under tidigt 70-tal har en omfattande forskning på innehålls- och kontextberoende naturvetenskapligt kunnande ägt rum. Forskningsfältet är enligt dem fortfarande i sin "för-paradigmatiska fas": det finns inget generellt samförstånd om forskningens syfte, vilka metoder som skall användas, kriterier för bedömning av data och hur resultaten skall användas.

Redan ordet "begrepp" saknar entydig betydelse och ges olika innebörd av skilda forskare. Gilbert & Watts (1983) särskiljer tre uppfattningar av begrepp:

1. Den **klassiska** uppfattningen, en reduktionistisk begreppsuppfattning. Den innebär, att ett begrepp byggs upp av (eventuellt hierarkiskt ordnade) delar, som tillsammans är nödvändiga och tillräckliga för att definiera det. Bakom detta ligger en övertygelse att inlärningsprocessen kan brytas ned i element, som är ordnade i hierarkiska beslutskedjor. Tillägnandet av kunskap beror på om varje föregående steg behärskas fullt ut. Ett annorlunda begrepp klassificeras som "felaktigt", och studier av dem syftar till att spåra upp dem och eliminera dem. Forskningsansatsen är förklarande.

2. **Aktionsuppfattningen**, en konstruktivistisk begreppsuppfattning, vilken ser begrepp som ett aktivt, konstruktivt och avsiktligt sätt för



Figur 5.1. Nyckelord på olika nivåer vid klassificering av aktionsbegrepp (Gilbert & Watts, 1983, s 70)

individen att organisera sina erfarenheter. Dessa "miniteorier" har en avgörande roll i inlärningsprocessen, som ses kopplad till den kognitiva utvecklingen. Inom denna **förstående** forskningsansats inriktas forskningen på ett kartläggande av "barnvetenskapen", "aktionsteorierna", "de alternativa begreppen", så att varaktigheten, stabiliteten och de inbördes sammanhangen i begreppskonstruktionerna blir utgångspunkt.

3. Den **relationella** uppfattningen, som är ett mellanting av de ovanstående och som bedömer ett begrepp efter dess förhållande till andra begrepp.

De studier, som jag diskuterar i denna avhandling, bygger på aktionsuppfattningen av begrepp. Inom denna uppfattning kan begreppen placeras in i olika nivåer relativt dimensionerna individuellt-generaliserad beskrivning respektive personligt-kollektivt perspektiv. Gilbert & Watts (1983, s 70) åskådliggör nivåerna enligt figur 5.1.

Uppfattningar refererar till individens personliga hypotes- och teoristruktur. Den är unik, även om den inte är oändligt skiftande. Detta begränsar generaliserbarheten hos en enskild fallstudie.

Kategorier är nästa steg och innebär att individresponser, ofta på en fråga eller en särskild mängd frågor, förs samman då de har likartad innebörd. Kategorier är således ej individualiserade utan en mera allmän tolkning av yttranden.

Alternativa ramverk är en ytterligare generalisering. Det betyder

Tabell 5.1. Klassificering av de i avhandlingen diskuterade studierna

PRODUKTBEGREPP	MEKANIK	Sjøberg & Lie (1981) Enge & Ekeland (1984)	K K
	ELLÄRA	EKNA 2 (1979) EKNA 5 (1981) Kärrqvist (1985)	K K U, K, AR
	VÄRMELÄRA	EKNA 3 (1979) EKNA 4 (1979)	K K
	LJUS	EKNA 8 (1981)	K, AR
	MATERIA	EKNA 6 (1981) EKNA 7 (1981) EKNA 12 (1984)	Diskussion K K, AR
	ASTRONOMI	EKNA 15 (1985)	K
PROCESSBEGREPP	MEKANIK	Lybeck (1981)	U, K

en kort sammanfattande beskrivning som täcker såväl de explicita responserna som de bakomliggande konstruerade föreställningarna.

Det finns således flera sätt att klassificera föreställningsforskningen. De studier, som jag diskuterar här, ryms samtliga inom aktionsuppfattningen - dvs en konstruktivistisk kunskandeuppfattning. Mest explicit uttalat är detta i EKNA-gruppens i Mölndal rapporter. I den första, "Varför elevperspektiv?" (1979) utgår de från Piagets genetiska epistemologi med hänvisning till GLT och presenterar gruppens forskningsinriktning. I en senare rapport, nr 13 (1985), sätter de sitt arbete i relation till andra områden av kunskande (EKNA 13, 1985, s 30).

Förutom detta kapitel innehåller kapitel 14 en diskussion, där jag bl a hänvisar till de ovan nämnda svenska och norska studierna av elevers föreställningar i fysik. I tabell 5.1 ovan placerar jag in dem relativt produkt/processbegrepp (Lybeck, 1978), ämnesområde samt huruvida de behandlar uppfattningar (U), kategorier (K) och/eller alternativa ramverk (AR).

5.2. Implikationer för undervisningen

Rapporterna har oftast en explorativ inriktning. I vissa av dem har dock författarna försökt att härleda implikationer för undervisningen och att ge normativa anvisningar för en förändring av den.

Sjøberg & Lie (1981) diskuterar en förändring av mekanikstudierna. De finner, att stor tonvikt läggs vid mekaniken i nuvarande fysikkurser. Anledningen till det är förmodligen dels att mekaniken anses vara fysikens mest centrala område, dels ett antagande att inläarning sker genom en gradvis och logisk konstruktionsprocess, baserad på den klassiska mekaniken fundament. Sjøberg & Lie betvivlar båda antagandena. Dagens fysik är endast till ringa del anknuten till den klassiska mekaniken, vilken i stort sett var avslutad vid sekelskiftet. Vidare är inläarning inte generellt en strikt logisk process, som fortsätter linjärt. Komplexa "helheter" är mycket ofta lättare att handskas med direkt än genom en syntes av komponenterna. Till exempel finner ett barn "fart" mera grundläggande än komponenterna "väg" och "tid". I stället torde inläarning äga rum när individens föreställningar sätts i konflikt med empiriska bevis, samtidigt som nya och bättre teorier erbjuds. Naturligtvis kan den logiska ansatsen vara väl lämpad för mekanikstudier på ex vis universitetsnivå, anser Sjøberg & Lie, där den blir en omorganisering av en redan existerande men ostrukturerad kunskapsmassa. Sjøberg & Lie föreslår därför att mekaniken tonas ned i fysikkurserna. Det som blir kvar skall dessutom behandlas mera kvalitativt än i dag. Algebraisk manipulation kan ofta dölja en brist på förståelse. I detta instämmer också Enge & Ekeland (1984).

Kärrqvist (1984) tar upp den grundläggande elläran i sin avhandling. I dess sista del diskuterar hon konsekvenser för undervisningen av undersökningens resultat: högstadiееlever kan formulera egna problem, resonera hypotetiskt-deduktivt kring dem och med initiativ och uppfinningsförmåga försöka lösa dem. (Lybeck, 1981, kommer till likartade slutsatser.) Det är viktigt att undervisningen är experimentellt inriktad, eftersom i variationen ligger en hjälp för eleven att gå utöver den enskilda uppgiften och i stället kunna se det gemensamma. På så sätt nås en ökad förståelse. Kärrqvist finner också, att eleverna visar ett ökat självförtroende under arbetet, dvs de blir mindre beroende av läraren som ett vandrande facit. När de får arbeta i sin egen takt, kan de stanna upp och få arbeta med sådant som de redan kan, i stället för att stressas vidare.

Kanske är tryggheten en förutsättning för att våga byta förklaringsmodell.

Kärrqvist föreslår en didaktisk målsättning för högstadiets ellära-undervisning i två punkter:

1. Ambitionsnivån för elevernas **operativa beredskap** måste höjas, dvs läraren skall införa och träna processinriktade begrepp (ex klassificering, serieordning, system, variabel, kontrollexperiment, modell, ...) så att eleverna kan handskas med fysiken.

2. Ämnet skall innehålla en **funktionell aktionsteori**, i det här fallet en cirkuleringsmodell med den slutna kretsens begrepp, kortslutning, motstånd, elektrisk ström och enklaste vägen samt många materials elektriska ledningsförmåga (ibid, s 270).

"Sammanfattningsvis kan sägas, att detta förslag till förändring av kurskraven inte innebär att dessa sänks. I en mening kan man tala om en sänkning och det gäller de teoretiska målen, dvs förklaringsmodell. Massiv rapportering från hela världen (...) motiverar en mer realistisk målsättning. Den föreslagna aktionsteorin kan vara ett både intellektuellt och experimentellt mycket användbart verktyg för högstadieeleven, alltså ett realistiskt mål. I en annan mening kan man tala om en höjning av kurskraven. Då gäller det målen för elevernas tankeutveckling och självständiga resonerande, dvs den operativa beredskapen." (ibid, s 271)

De senare EKNA-rapporterna innehåller också förslag till förändring av undervisningen. Rapport nr 8, "Ljuset och dess egenskaper" (1981), avslutas med en skiss hur "optikens nyckelidé" kan introduceras. I rapport nr 12, "Kemiska reaktioner" (1984), återfinns ett långt avslutande avsnitt om undervisning av materiabegreppet. Andersson knyter där an EKNA-projektet till SCIS/LMN-projektets centrala begrepp, inlärningscykeln (fri undersökning, begreppsintroduktion, begreppsanvändning). Enligt Andersson (EKNA 12, 1984, s 64-69) bör undervisningen vidare börja på en konkret nivå, inriktad på beskrivning och systematisering av materia. Eleverna övas i att använda olika tankemönster, typ systemtänkande, klassifikation, kontroll av variabler, ... De tränas också i mer innehålls-specifika begrepp, t ex volym, massa, gas, lösning, ... Vidare skall de göra många konkreta erfarenheter av olika ämnen och deras egenskaper. Fysik och kemi samordnas i en beskrivning och systematisering av den konkreta verkligheten under kanske ett läsårs tid. På nästa nivå införs begreppet **kvalitativ modell**. Man kan börja i fysiken med ex vis enkla partikelmodeller för att förklara fasta kroppars, vätskors och gasers egenskaper. Därefter kan man övergå till kemins atommodell och införa grundämnen och kemiska föreningar ur atomär synpunkt. En atommodell enligt Bohr leder över till jonbegreppet. För särskilt intresserade högstadieelever kan man också införa modell på en högre nivå, nämligen

kvantitativ modell, exempelvis Ohms lag. Rapporten avslutas med en skiss av ett möjligt innehåll på nivå I i undervisningen om materia, i vilken resultat från EKNA-rapporterna 3, 4, 6, 7 och 12 nyttjas.

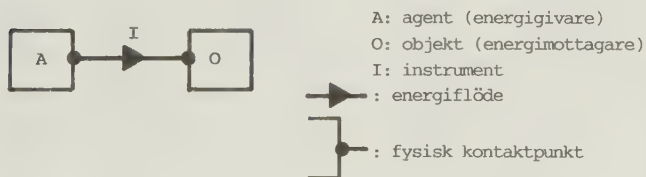
I detta sammanhang kan det vara intressant att diskutera EKNA-rapport nr 14 (1985). Andersson propagerar däri för en gemensam bakomliggande tankemodell till de vardagsföreställningar i fysik och kemi, vilka bl a redovisats i EKNA-projektets föregående rapporter. Denna tankemodell kallar han **erfarenhetsgestalten kausalitet** efter Lakoff & Johnson. "Gestalt" används enligt den gängse definitionen om ett antal komponenter, integrerade i en helhet som är mera grundläggande än delarna. Erfarenhetsgestalten kausalitet börjar konstrueras i spädbarnsåldern, när barnet med sin kropp eller med något annat föremål (**agenten**) påverkar ett annat föremål (**objektet**). Andersson citerar Lakoffs & Johnsons tolv karakteristika för gestalten (EKNA 14, 1985, s 3-4):

- " - Agenten har som mål en förändring i objektets tillstånd.
- Tillståndsändringen är fysisk.
- För att utföra planen behöver agenten ett motoriskt program.
- Agenten kontrollerar det motoriska programmet.
- Agenten är primärt ansvarig för att planen utförs.
- Agenten är energikälla och objektet energimottagare.
- Agenten vidrör objektet antingen med sin kropp eller med ett instrument.
- Agenten utför framgångsrikt planen.
- Förändringen i objektets tillstånd är observerbar.
- Agenten styr förändringen hos objektet med sina sinnesförmålor.
- Det finns en enda specifik agent och ett enda specifikt objekt.

...

De tolv komponenter som angivits ovan karakteriserar en prototyp för kausalitet i följande mening. De inträffar tillsammans, gång på gång i handling efter handling när vi framlever vårt dagliga liv. Vi erfar dem som en gestalt, dvs komplexet av de komponenter som inträffar tillsammans är mera grundläggande för vår erfarenhet än varje separat komponent som sådan."

Erfarenhetsgestalten kausalitet sammanfattas av Andersson i en figur. Den återges här som figur 5.2.



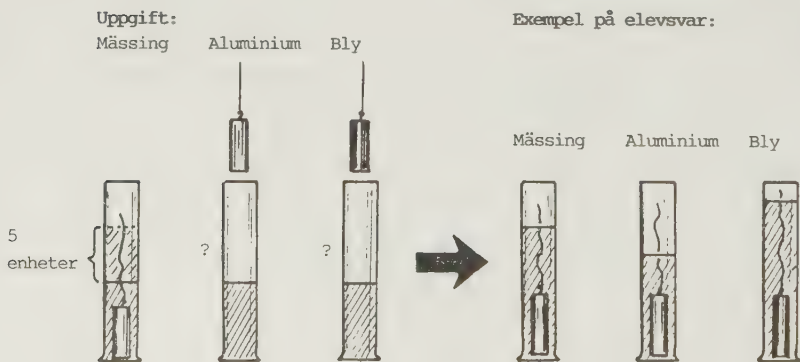
Ju mera energi som A avger, desto större effekt på O.
 Ju större motstånd hos O, desto mindre effekt.
 Flera A ger ökad effekt på O.

Figur 5.2. Erfarenhetsgestalten kausalitet (EKNA 14, 1985, s 4)

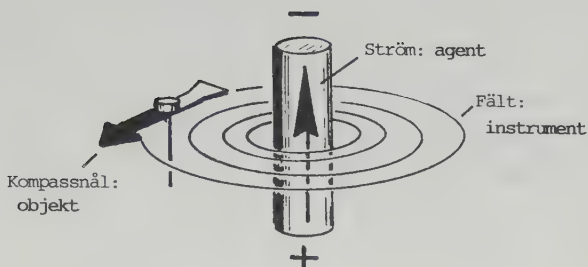
I gestalten ligger inte enbart en direkt kontakt mellan agent och instrument och/eller instrument och objekt. Den rymmer också kausala relationer där effekten varierar beroende på avståndet mellan agent och objekt. Ett exempel är: "Ju närmare elden (agent) jag (objekt) kommer, desto varmare känns det." (ibid, s 5)

Anderssons poäng är att erfarenhetsgestalten kausalitet kan tillämpas som förklaring på en del av de "felaktiga svar" som elever lämnar på fysikuppgifter. Han anför åtskilliga exempel från olika fysikområden, valda ur tidigare EKNA-undersökningar eller andra studier (ibid, s 6-22). Här återger jag ett av dem. En mässingscylinder sänks ned i ett mätglas med vatten. Vattenytan stiger fem enheter. Till formen identiska cylindrar av aluminium och bly sänks ned i likadana mätglas med lika mycket vatten i. Uppgiften är att förutsäga hur mycket vattenytan stiger i dessa senare mätglas.

Agenterna är metallcylindrarna. Objektet är vattnet i mätglasen. Erfarenhetsgestalten kausalitet säger att ökad ansträngning från agentens sida ger ökad effekt. Därför bör vattnet stiga mest i det mätglas, där blycylindern sänks ned, och minst där aluminiumcylindern sänks ned. Observera att den kausala erfarenhetsgestalten skulle ha givit korrekta förutsägelser, om alla tre föremålen flöt - t ex en träbit, en lika stor bit skumplast och motsvarande av is!



Figur 5.3. Elevuppgift i relation till erfarenhetsgestalten kausalitet (EKNA 14, 1985, s 6)



Figur 5.4. Ørstedes försök i relation till erfarenhetsgestalten kausalitet (EKNA 14, 1985, s 25)

Vad är det då som hindrar eleverna från att tillägna sig de etablerade förklaringsmodellerna? Det kan inte vara orsakstänkandet i sig, eftersom erfarenhetsgestalten kausalitet återfinns även i de naturvetenskapliga förklaringsmodellerna. Andersson exemplifierar med Ørstedes försök, figur 5.4. Svårigheterna är snarare det abstrakta användandet av kausaliteten. Ett magnetfält är något icke-observabelt som måste föreställas i fantasin. Vidare är relationerna mellan komponenterna komplexa och kräver hopkoppling av många begrepp. Tanken rör sig på två plan, modell och verklighet, där kopplingen mellan dessa plan sker via hypotetisk-deduktiv växelverkan (ibid, s 27). Vissa samband i fysiken strider också påtagligt mot erfarenhetsgestalten kausalitet. Andersson exemplifierar med tröghetslagen, som fastslår att en "effekt" - ändring av läge - kan ske utan någon orsak.

Målet för naturvetenskaplig undervisning är naturligtvis att utveckla elevernas tänkande från konkret vardagsförståelse till abstrakt och komplex naturvetenskaplig förståelse. Andersson anmärker: "Vi vet mycket lite om hur vi skall bära oss åt för att hjälpa eleverna en bit på väg mot denna förståelse." (ibid, s 27) Gilbert & Watts (1983) diskuterar detta problem genom att ange två metoder, med vilka läraren kan försöka att åstadkomma begreppslig förändring. Den ena metoden kallar de **evolutionsmetoden**, vilken innebär en "assimilation" av ny, utvidgande och fördjupande kunskap in i elevens alternativa ramverk. Den andra metoden är **revolutionsmetoden**, en "ackomodation" där elevens alternativa ramverk utmanas genom kognitiva konflikter (ibid, s 84-85). "Alternativa ramverk"-forskningen och dess didaktiska implikationer skall dock ej anammas okritiskt. Gilbert & Watts pekar på följande punkter, som bör ge upphov till eftertanke (ibid, s 86-91):

1. Det är ej klart hur representativt för en individs tänkande ett specifikt ramverk är. I en intervjusituation hanterar eleven ett begrepp inom ett visst ramverk för att i en diskussion med kamrater kanske behandla det i flera ramverk. Ramverket kan vara tidsberoende och därmed utvecklas efter hand, så att det i sin ursprungliga formulering endast utgör en del av individens intellektuella utvecklingshistoria.

2. Hittills har forskningen koncentrerat sig på den isolerade individen, eftersom ramverken anses vara personliga manifestationer. Likaväl skulle man kunna fokusera på individen i en social grupp, men detta har gjorts endast i ringa utsträckning. (Se dock Lybeck, 1981, och Kärrqvist, 1985.)

3. Ännu är inte det eventuella sambandet klargjort mellan forskningsresultat inom den kontextberoende hypotesen och den kontextoberoende hypotesen.

4. Man kan tänka sig olika modeller för begreppslig utveckling. Vilken av dem som ansättes bör rimligen påverka formuleringen av forskningsproblemet. Gilbert & Watts diskuterar tre sådana modeller - den stegvisa ändringen, den gradvisa ändringen och en katastrofteoretisk modell. Den katastrofteoretiska modellen har enligt Gilbert & Watts den största potentialen. Den grundar sig på en gradvis representation av begreppsutvecklingen men inrymmer också "aha"-upplevelser.

Vilken roll skall då forskningen kring elevföreställningar spela? Driver & Erickson har i sin översiktsartikel (1983) ställt upp fem punkter att beakta, om denna skall kunna användas till att förbättra inläring av naturvetenskap (Driver & Erickson, 1983, s 54-55):

1. Dagens lärostoff förmodas kunna vara till praktisk nytta för eleverna. Det har dock utvecklats få sätt att bestämma, i vilken utsträckning som de använder skolkunskapen i vardagssituationer. Driver & Erickson anser, att för närvarande koncentrerar sig forskningen på "inkapslad" skolkunskap. Man måste utveckla tekniker för att fastställa aktionskunskap.

2. Om elevernas tänkande skall kunna påverkas genomgripande och permanent så kräver detta långsiktiga undervisningsprogram (månader, år).

3. Forskningen bör inte urarta till att bli en "naturalhistoria" över elevernas föreställningar, vilka dokumenteras utan systematisk grund. Författarna anser, att den värdefullaste forskningen är undersökningar med ett bakomliggande explicit teoretiskt perspektiv. Teorier och observationer kan då bättre växelverka. (Jfr EKNA-projektets utveckling.)

4. Icke blott eleverna utan även lärarna och forskarna bör omfatta en konstruktivistisk kunskapssyn.

5. De redovisade undersökningarna kan ses pessimistiskt som bevis för hur svårt det är för eleverna att internalisera skolkunskaper. Men man kan också läsa dem optimistiskt som påvisare av den mänskliga tankeförmågens livlighet och kreativitet i problemlösningssituationer.

I denna första del av avhandlingen har jag försökt visa på infallsvinklar för ett rationellt val av innehåll (och i viss mån form) i fysikundervisningen. Med andra ord ger första delen alternativ för hur fysikundervisningens innehåll skulle kunna se ut. Hur det verkligen sett/ser ut i svensk realskola och grundskola är temat för avhandlingens andra del.

DEL II. FYSIKÄMNET I REALSKOLA OCH GRUNDSKOLA

6. UNDERSÖKTA OCH UTESLUTNA SKOLFORMER

6.1. Icke-obligatoriska skolformer: en översikt

På 1800-talet var de allmänna läroverken ej uppdelade på etappexamina utan utgjorde en enhetlig skolform. 1878 års stadga beskriver högre, sju-klassiska läroverk med latin- och reallinje samt lägre, tre- eller fem-klassiga läroverk. De fem lägsta klasserna var ettåriga, medan de två högsta vardera omfattade två år. Fysikämnet, som ju står i fokus för min avhandling, existerade ej som självständigt läroämne förrän i sjätte och sjunde klasserna. De fem lägre klasserna hade i stället naturlära. Lärostoffet var huvudsakligen biologiorienterat, men i fjärde klassen anges "De vanligaste fysiska naturföreteelserna samt det allmännaste om vårt planetsystem och himlakropparna i öfrigt" (Zimmerman, 1896, s 1-2, s 81).

På 1880-talet började en principdebatt om läroverkets utformning. Kritiker framförde, att

- latinundervisningen hade för stort utrymme;
- läroverket ej gav en medborgerlig bildning, utan inriktade sig på fortsatta vetenskapliga studier;
- en mycket stor del av läroverkets elever avbröt sina studier i förtid. De fick därför ingen examen, och deras behov av medborgerlig bildning tillgodosågs ej.

1899 års riksdag initierade tillsättandet av en läroverkskommitté, vars förslag låg till grund för 1905 års läroverksstadga. Med denna skapades en **realskola**, som hade två syften: dels att vara grund för gymnasiestudierna, dels att ge en utbildning på mellannivå för dem som inte ville ha fullständig gymnasieutbildning. Realskolan byggde på kunskapsmättet från folkskolans tredje klass. Den var sexårig och avslutades med realskoleexamen. Efter femte klassen kunde eleverna flyttas till det fyraåriga gymnasiet. (Landquist, 1963, s 256-257; Marklund, 1970, s 17-19; Egidius, 1968, s 93; J:son Bergqvist & Nordfelt, 1910, s 2, s 12-22)

1928 års läroverksstadga anknöt folkskolan fastare till läroverket. Efter klass fyra i folkskolan kunde eleverna söka inträde i den femåriga realskolan. Alternativt fanns en övergång från folkskolans sjätte klass till den fyraåriga realskolan. Vidare inrättades s k lycéer, där lyceilinjen byggde på folkskolans sjätte klass och bestod av ettåriga "kretsar". Lycéets mål var

"... såväl att meddela den medborgerliga bildning, som realskolan avser att bibringa, som ock att grundlägga de vetenskapliga insikter, vilka vidare utbildas vid universitet eller högre fackutbildningsanstalt." (J:son Bergqvist & Wallin, 1928, s 1-2)

Tillströmningen av elever blev ringa, och skolformen lades sedemera ner. (Landquist, 1963, s 258-259; J:son Bergqvist & Wallin, 1928, s 1-2, s 18-19)

1933 års läroverksstadga innebar ej så stora förändringar för realskolan, utan omorganisationen gällde till största delen gymnasiet. Realskolan fortsatte att vara femårig och fyraårig med anknytning till folkskolans fjärde respektive sjätte klass. Denna stadga gällde med mindre modifikationer fram till grundskolans införande. 1958 infördes treårig realskola, även den med folkskolans sjätte klass som inträdeskrav.

Parallellt med den allmänna realskolan existerade åtskilliga andra skolformer. 1909 års riksdag beslöt om inrättandet av **kommunala mellanskolor**, senare jämställda med fyraåriga realskolor. Vidare fanns **praktiska realskolor** (handelslinje, tekniska linjer och huslig linje), beslutade av 1937 års riksdag. **Flickskolorna** hade gamla anor. De kunde ha skiftande kursplaner. Försök till normering skedde vid nittonhundratalets början, då flickskolorna kunde få statsbidrag, om de i gengäld uppfyllde vissa krav bl a på antalet årsklasser och på undervisningen. Den s k normal-skolekompetensen verkade ytterligare normerande. 1928 utfärdades stadga och undervisningsplaner för kommunala flickskolor med sjuårig och sexårig lärokurs, anknyttande till folkskolans fjärde respektive sjätte klass. (Landquist, 1963, s 257, s 260, s 268-270; Frankman, 1962, s 1; SOU 1947:49, 1947, s 9-12)

Avslutningsvis kan mångfalden av skolformer illustreras med följande sammanställning, avseende läsåret 1939-40 (Richardson, 1978, s 15-16) där talet inom parentes anger antalet:

Högre allmänna läroverk (59)
 Samrealskolor utan kommunalt gymnasium (72)
 Samrealskolor med kommunalt gymnasium (4)
 Realskolor för gossar (4)
 Högre goss- och samskolor (18)
 Statens normalskola för flickor (17)
 Enskilda mellanskolor (3)
 Kommunala flickskolor (40)
 Kommunala mellanskolor (61)
 Högre folkskolor (56)
 Praktiska mellanskolor (14)

6.2. Folkskolan och grundskolan

I och med 1842 års folkskolestadga infördes skolplikt för alla barn. Undervisning i hemmen medgavs visserligen. De undervisande skulle dock undergå viss granskning. Den allmänna skolgången var länge ofullständig: 1853 undervisades 153 786 barn hemma, 152 038 barn gick i fasta folkskolor och 132 033 i flyttande.

Alltefter åren gick vann folkskolan större insteg. Undervisning och organisation normerades med normalplaner och nya stadgor. 1919 års undervisningsplan samordnade småskola och egentlig folkskola till en sammanhängande sexårig skolgång, men planen upptog även sjuårig folkskola. Den sjuåriga folkskolan ökade proportionsvis. 1936 års riksdag beslöt att sjuårig folkskola skulle vara införd senast läsåret 1948-49. (Landquist, 1963, s 283-290; Marklund, 1970, s 22-27; Undervisningsplan för rikets folkskolor, 1920, s 4-18)

1940-talet kan betecknas som ett utredningsskede (Marklund, 1970, s 31). 1940 års skolutrednings majoritet föreslog, att elementarskolan skulle bestå av fyraårig, odifferentierad folkskola, följd av fyraårig differentierad realskola. Nära hälften av utredningens ledamöter reserverade sig emellertid och förordade modellen 6 + 2 år i stället.

Utredningsarbetet övertogs av 1946 års skolkommission. I sitt förslag underkände kommissionen den traditionella svenska skolan och sammanfattade skolans uppgifter i tio punkter:

1. Omvårdnad
2. Studieföstran
3. Språk- och räknefärdigheter
4. Allmänbildning
5. Estetisk föstran
6. Praktisk föstran
7. Yrkesföstran
8. Social föstran
9. Hälsoföstran
10. Personlighetsdanning

Av dessa var punkt tio, föstran till demokratiska människor, den viktigaste. För att skolan skulle kunna leva upp till dessa krav föreslog skolkommissionen förändringar av såväl undervisningsinnehåll och arbetsmetoder som organisation. Innehållsändringen innebar bl a en större vikt vid undervisningen i svenska och litteraturhistoria, engelska, praktiska

och konstnärliga ämnen samt natur- och samhällsorientering. Arbetsmetoderna skulle ändras i riktning mot elevaktivitet och individualisering. Organisationen, slutligen, skulle vara ett treårigt odifferentierat lågstadium, ett dito mellanstadium och ett treårigt högstadium med olika tillvalsmöjligheter i årskurserna sju och åtta samt en linjedelning i årskurs nio. (Marklund, 1970, s 35-41)

En omfattande försöksverksamhet, baserad på skolkommissionens förslag, satte igång. Den avslutades med införandet av 1962 års läroplan för grundskolan, Lgr 62. I denna organiserades grundskolan enligt mönstret ovan. Årskurs nio blev dock mera finstrukturerad. Medan skolkommissionen föreslog tre linjer, en yrkesförberedande (9y), en allmän (9a) och en gymnasieförberedande (9g), kom Lgr 62 att innehålla nio linjer (Lgr 62, s 117-120):

- 9g gymnasieförberedande linje
- 9h humanistisk linje
- 9t teknisk linje
- 9m merkantil linje
- 9s social-ekonomisk linje
- 9pr allmänpraktisk linje
- 9tp teknisk-praktisk linje
- 9ha handelslinje
- 9ht hushållsteknisk linje

När Lgr 62 tillämpats några år fann man, att elevernas val ledde till en allt starkare förskjutning mot teoretiska studievägar. Vissa av tillvalsgrupperna och linjerna blev överflödiga (Marklund, 1970, s 91-92). Läroplanen reviderades och blev Lgr 69. I denna avskaffades linjedelningen. Den enda differentieringen låg i tillvalssystemet (tyska, franska, konst, ekonomi och teknik) och alternativkurserna (allmän och särskild kurs i matematik, engelska, tyska och franska).

Den senaste grundskoleläroplanen, Lgr 80, infördes från och med läsåret 1982-83. I många avseenden är den helt annorlunda än Lgr 62 och Lgr 69. I stället för att anvisa en uppsättning regler för skolans organisation, redovisar den skolans ideologiska målsättning. Förverkligandet av målen är till stor del den enskilda skolans ansvar. Undervisningen präglas av en tvärvetenskaplig ämnessyn, och arbetsmetoderna orienteras mot projekt. Medan de tidigare läroplanerna hade en harmonisyn på elevens fostran, erkänner Lgr 80 den konfliktfyllda vardagen. Eleven skall fostras till en kritiskt tänkande och ställningstagande medborgare.

6.3. Skolformer i undersökningen

Före 1962 fanns alltså en hel del parallella skolformer, och alla erbjöd någon form av fysikundervisning. Att ta med samtliga i analysen skulle göra den otymplig och svåröverskådlig. Jag väljer att redovisa följande skolformer:

Realskolan enligt 1905 års läroverksstadga

Realskolan enligt 1928 års läroverksstadga

Allmänna realskolan enligt 1933 års läroverksstadga

Grundskolans högstadium enligt Lgr 62, Lgr 69 och Lgr 80

På vilka grunder uteslöts då de övriga skolformerna?

6.4. Uteslutning av folkskolan och grundskolans mellanstadium

En uteslutning av folkskolan och grundskolans mellanstadium motiveras i första hand av att fysikmomenten ej var, och ej är, systematiskt ordnade. De ingår inte i någon struktur med teorikärna och tillämpningar, avsedda att ge en systematisk överblick över ämnet. ("Systematiskt ordnad" betyder ej nödvändigtvis ordnad efter vetenskapens fysik mönster.) Snarare är de ett xplock av företeelser, antingen avsedda att belysa andra delar av lärostoffet eller fenomen och praktiska tillämpningar ur vardagslivet. Detta kan belysas med en citatbukett:

"Av fysiska och kemiska företeelser upptagas i första hand sådana, om vilka kännedom fordras som förutsättningar för undervisningen i vissa andra delar av kursen, ...

I de mera utvecklade skolformerna bör dessutom förekomma en mera självständig fysisk och kemisk kurs. Även denna undervisning bör emellertid så inriktas, att de fysiska och kemiska företeelserna framför allt ses från synpunkten av deras betydelse för det praktiska livet." (Undervisningsplan för rikets folkskolor, 1920, s 100)

"Undervisningen i fysik har till uppgift att göra lärjungarna förtrogna med vanliga fysikaliska företeelser, som möter i den omgivande naturen ...

Systematisk fullständighet skall inte eftersträvas vid behandlingen av kursinnehållet." (Undervisningsplan för rikets folkskolor, 1955, s 120)

"Den elementära orienteringen om fysikaliska och kemiska företeelser samt tekniska tillämpningar, som barnen kommer i beröring med i den närmaste omgivningen, syftar inte till systematisk fullständighet. Det blir här endast fråga om en första orientering om företeelser, som de möter i lekens värld, i hemet och i naturen eller får kontakt med genom undervisningen i andra ämnen, och den fördjupas sedan på högstadiet." (Lgr 62, s 276)

"Den elementära orienteringen om sådana fysikaliska och kemiska företeelser samt tekniska tillämpningar, som eleverna kommer i beröring med i sin närmaste omgivning, eller som aktualiserats genom undervisningen i andra ämnen, genom tidningar, television och radio, syftar inte till systematisk fullständighet. I stället bör den inriktas på att exemplifiera och konkretisera grundläggande begrepp och företeelser." (Lgr 69, s 190)

"Några vanliga fysikaliska företeelser av betydelse för att förstå vanligt förekommande tekniska tillämpningar.

Exempel på tekniska tillämpningar i hemmet och arbetslivet." (Lgr 80, s 117-118)

Vidare kom inte fysikmomenten in i undervisningen förrän i femte klassen enligt 1919 års plan och i sjätte klassen enligt 1955 års plan. De flesta realskoleelever fick således sin första kontakt med fysiken i realskolan.

Andersson och Svantesson har i LMN-rapport nr 1 (1968) på s 3-8 jämfört mål och huvudmoment med exempel avseende hembygdskunskap och naturkunskap för de sex första skolåren mellan 1919, 1955 och 1962 års läroplaner. De finner, att målen är så allmänt formulerade, att dessa förmodligen inte har haft något nämnvärt inflytande på undervisningen. Huvudmomenten med exemplifieringar torde ha styrt mycket mera genom sin överföring till läroböckerna. Kursinnehållet visar en statisk bild av fysiken och kemin, där knappast något har förändrats. Lägg till detta att läroböckerna, även på 1960-talet, ofta är nedbantade realskolekurser samt att skolorna inte ens var spartanskt utrustade med experimentmateriel. Andersson och Svantesson skriver (LMN 1, 1968, s 4)

"Resultatet av allt detta ute på våra skolor har blivit att det praktiskt taget inte förekommer någon naturvetenskaplig undervisning med fysikalisk-kemisk anknytning de sex första åren."

Uteslutningen av folkskolan samt grundskolans mellanstadium kan därför anses välgrundad.

6.5. Uteslutning av flickskolorna

Från seklets början fram till 1928 var flickskolornas kurser i princip individuellt organiserade mellan skolorna, men som nämnts tidigare verkade bl a statsbidragssystemet och kraven för normalskolekompetens normerande. Undervisningens tyngdpunkt låg på språk och humaniora. i matematik och naturvetenskap var i allmänhet kurserna mindre omfattande än realskolans. Fysik och kemi var dessutom sammanslagna till ett undervisningsämne.

Med 1928 års stadga och undervisningsplaner för kommunala flickskolor infördes sjuårig lärokurs, grundad på folkskolans fjärde klass, samt sexårig lärokurs med folkskolans sjätte klass som övergångsklass. Den sjuåriga kursen blev efter hand den dominerande. De två högsta klasserna kunde delas i en praktisk och en teoretisk linje, där tillströmningen till den förstnämnda blev liten.

I de två högsta klasserna differentierades även undervisningen inom respektive linje. Kristendomskunskap, modersmålet, ett främmande språk, historia med samhällslära, hälsolära och ekonomilära var obligatoriska. Däröver valde eleverna på den teoretiska linjen tre andra läroämnen. De kunde välja mellan annat främmande språk, geografi, psykologi, matematik, fysik-kemi och biologi. En humanistisk inriktning på tillvalet medförde en fysik-kemikurs med mindre omfattning än realskolans. Å andra sidan kunde de elever, som valde fysik-kemi, få vidgad utbildning i dessa ämnen jämfört med realskolan. Flertalet elever valde den humanistiska inriktningen.

Genom åren reviderades undervisningens organisation. Nya stadgor tillkom 1958 och 1962. Flickskolan blev fem- och sexårig med anknytning till årskurs sex i folkskolan, och de två högsta årskurserna differentierades i humanistisk linje, allmän linje och reallinje. Den allmänna realskolans kursomfång förblev dock normerande. Undersökningen skulle alltså knappast tillföras något nytt, om flickskolornas fysikundervisning medtogs. (SOU 1947:49, 1947, s 9-12, s 17-26; Bonniers lexikon, 1966, bd 8, sp 480-481)

6.6. Uteslutning av de praktiska realskolorna

Flickskolornas fysikundervisning var, som nämnts, väsentligen samma som den allmänna realskolans. En annan bild bjuds av de praktiska realskolorna. Där fanns linjer med såväl mindre som avsevärt större kursomfång i fysik. I tabell 6.1 på nästa sida visas det sammanlagda veckotimantalet i fysik för de olika linjerna. Materialet är hämtat ur ASÖ 11: 1958 nr 15.

Handelslinjens kurs innebar en mindre orientering i fysik, medan den husliga linjens fysik anslöt sig till den allmänna realskolans. De tekniska linjerna, å andra sidan, innehöll en fysikkurs som gick vida över den allmänna realskolekursen, särskilt i de tekniska tillämpningar-

Tabell 6.1. Sammanlagda veckotimantal i fysik för den praktiska realskolans linjer, jämfört med den allmänna realskolans (ASÖ 11:1958 nr 15)

	4-årig	3-årig
Handelslinje	3	3
Huslig linje	6	6
Maskinteknisk linje	14	12
Kemiteknisk linje	12	11

Allmän realskola	6	6

na. De tekniska linjerna fick i detta avseende ingen fortsättning i 1962 års grundskola.

Medelvärdet av den praktiska realskolans fysikkurs kan därför sägas vara den allmänna realskolans fysikkurs. Denna får då representera även de praktiska realskolorna.

7. STRUKTURERINGSPRINCIP

7.1. Stadgor och läroplaner

För att kunna jämföra vad stadgor och läroplaner säger om fysikundervisningens innehåll, måste relevanta delar av dessa struktureras enligt någon princip.

Lundgren (Lundgren, 1981, s 22) anger tre element i en läroplan: mål, innehåll, undervisningsmetod. Berg (Berg, 1982) beskriver sex olika dimensioner, *nivåer*, med vars hjälp läroplanens formuleringar rörande någon del av skolverksamheten kan sorteras. Dessa nivåer är, med exemplifieringar:

- | | |
|---------------------------|---|
| 1. Ideologisk nivå | (Kunskapssyn, människosyn, syn på fostran och utveckling) |
| 2. Innehållsnivå | (Huvudmoment, ämnesmål, övergripande innehåll) |
| 3. Regelnivå | (Direkta påbud) |
| 4. Ämnesnivå | (Timplaner) |
| 5. Intern verksamhetsnivå | (Dagliga verksamheten, metoder) |
| 6. Extern verksamhetsnivå | (Anknytningar utåt) |

Jag vill nu att beskrivningsmallen för mitt material skall uppfylla följande villkor:

1. Mallen skall kunna användas såväl på de kärvt kortfattade läroverksstadgorna som på de ordbrusande grundskoleläroplanerna.
2. Underavdelningarna, som formuleringarna delas upp på, skall i görligaste mån inte överlappa varandra.
3. Det skall vara möjligt att undersöka, om underavdelningarna hänger ihop logiskt. En undersökning av den logiska koherensen återskapar förhoppningsvis den helhetsbild, som uppdelningen på underavdelningar kanske stör.

Med ledning av detta bestämmer jag mig för den Lundgrenska tredelningsmodellen med en Bergsk finstrukturering. Beskrivningsmallens rubriker är:

A. IDEOLOGI OCH MÅL

Med "ideologi" menar jag de systematiserade värderingar, som är bakgrund

i exempelvis läroplanens samhälls- och människosyn. "Målen" beskriver hur skolan skall kunna leva upp till ideologin.

Allmänt: Vilken syn på individens och skolans roll i samhället har stadgan/läroplanen? Vilka mål anges för den kunskap och fostran, som skolan skall ge?

Fysik: Vilken inriktning skall undervisningen i de naturorienterande ämnena, och då särskilt fysik, ha? Vilka mål ställs upp för undervisningen?

B. STRUKTUR

Vad skall undervisas? Vilka är de påbjudna huvudmomenten, och vilken kursplan rekommenderas?

Vilka är tidsramarna, dvs i vilka årskurser undervisas fysik; hur många veckotimmar; vilken är fördelningen mellan helklasstimmar och grupp-timmar?

C. VERKSAMHET

Inre verksamhet: Vilka metodiska anvisningar ger stadgan/läroplanen för undervisningen i fysik inom skolan?

Yttre verksamhet: Hur skall undervisningen i fysik explicit anknytas till världen utanför skolan?

Rubrikerna kan sägas vara beskrivningar på olika nivåer. Överst finns ideologin och de allmänna målen, följda av målen för fysikämnet. Därunder kommer struktur och verksamhet på samma nivå. Många olika innehåll kan undervisas med samma metod, och samma innehåll kan förmedlas med många metoder (även om det finns kopplingar - se diskussionen i kap 1). Verksamhet och struktur är sidoordnade.

Vidare är nivåerna ej logiskt sammanhängande i den meningen att strukturen skall kunna härledas entydigt ur ideologin, etc. Den logiska koherensen skall ses ur aspekten att vare sig verksamheten eller strukturen skall strida mot ideologin och målen. Efter kartläggningen kan jag alltså på detta sätt diskutera kopplingarna mellan nivåerna och lägga synpunkter på deras rationalitet.

Analysen av stadgor och läroplaner enligt denna mall omfattar kapitlen 8 och 9. Nästa steg är läromedelsanalysen.

7.2. Läromedel

I läroplaner och stadgor kan verksamhets- och strukturbeskrivningarna ses som konkretiseringar av de övergripande målen och ämnesmålen. Läromedlen är i sin tur konkretiseringar av verksamhets- och strukturbeskrivningarna. Läromedlen kan ge information om såväl innehålls- som formaspekter av undervisningen.

Avseende innehåll ger läromedlen information om innehållets omfång, vardagsanknytning, följsamhet mot teknikens och fysikens utveckling, teknik- och idéhistoria, kontaktytor mot andra ämnen samt framställningens inriktning.

Avseende **arbetsformerna** kan man undersöka i hur hög grad läromedlets utformning implicerar ett visst arbetssätt. Vidare kan en analys av uppgifter och litteraturanvisningar tala om, huruvida läromedlet medger att arbetssättet blir undersökande snarare än verifierande, experimentellt eller teoretiskt inriktat, osv; vidare om det ger tillfälle till problemlösning och kunskapssökande ur andra källor än läroboken.

Som läromedel menas här läroböcker och eventuella tillhörande studiehäften/laborationsanvisningar. Jag har endast använt fullständiga läromedel, dvs sådana som har täckt upp samtliga aktuella klasser i realskolan eller grundskolans högstadium. Inom Lgr 62 fanns läromedel för den sammanhållna delen, åk 7 och 8, vilka ej fortsatte för åk 9. Dylika läromedel har alltså inte beaktats vid analysen. (Ett enda är dock med i diskussionen i kapitel 14, eftersom det utgör en uttalad fortsättning av ett realskoleläromedel, vars första upplaga utkom redan 1910.) I analysen ingår följande antal läromedel:

Realskola 1905	4	} kap 10, 11	3	} kap 12
Realskola 1928	3		3	
Realskola 1933	8		8 (ej alla uppg typer)	
Grh 1962	9		9 (ej alla uppg typer)	
Grh 1969	10 (+1)		10	
Grh 1980	5		5	

Läromedlet i parentes, grh 1969, ingår ej i analysen men behandlas separat i kapitel 11.

För att kunna strukturera informationen ur läromedlen använder jag nedanstående mall. Resultaten redovisas i kapitlen 10, 11 och 12.

A. INNEHÅLLETS OMFÅNG

Innehållet delas upp i områden och underrubriker enligt:

a) Definitioner och samband, som författarna anser vara relevanta.

b) Fenomen och tillämpningar, där jag undersöker hur stor omfattningen är av

i) tillämpningar, som inte längre var i bruk i den beskrivna formen när boken skrevs, men som är av historiskt intresse. Förekomsten av dessa tillämpningar visar i vad mån läroboken behandlar teknik- och idéhistorien;

ii) tillämpningar, som var av färskt datum när boken skrevs och därigenom visar läromedlets följsamhet mot utvecklingen;

iii) tillämpningar, som kan anses utgöra en del av elevens vardag;

iv) tillämpningar, som anknyter till andra skolämnen.

c) Dessutom görs en kontroll av i vilken omfattning som stoffomfånget och dess sekvensiering ansluter sig till läroplanens föreskrifter och rekommendationer. Detta visar graden av **koppling** mellan huvudmoment och kursplaneförslag respektive läromedlen.

B. INNEHÅLLETS FRAMSTÄLLNING

Man kan tänka sig flera olika sätt att framställa stoffet:

a) Framställningen är **fenomeninriktad**. Fenomen och tillämpningar styr framställningen genom att initiera problemställningar, som sedan ger upphov till studier av begrepp och samband. Fenomenvalet är överordnat den vetenskapliga ämnesstrukturen.

b) Framställningen är **disciplininriktad**. Innehållet sorteras i delar efter vetenskapens fysik mönster, ex vis mekanik, ellära, ... Fenomenvalet är underordnat ämnesstrukturen.

c) Punkterna (a) och (b) är ytterlighetsmarkeringar. En framställning kan också ha en grovindelning efter vetenskapens fysik mönster, men inom denna indelning kan fenomenen vara överordnade strukturen. En sådan framställning kan kallas **fenomeninriktad** inom ämnessystematiken.

Efter redovisning av den övergripande inriktningen undersöker jag begreppsframställningar och fenomenanvändningar:

d) Fundamentala **begrepp**, ex vis massa, kraft, arbete, energi osv kan introduceras och förklaras på olika sätt. Dessa sätt kategoriseras.

e) Fenomen och tillämpningar kan användas på olika sätt:

- som introduktioner till begrepp och samband;

- som illustrationer till begrepp och samband eller till historiska skeenden;

- som **motivationer** till att söka fysikaliskt vetande.

Omfattningen av dessa fenomenanvändningar undersöks och sammanställs.

C. ARBETSFORMER

Arbetsformerna är lärarnas och elevernas val. Direkt information om dessa fås ej i någon större utsträckning ur läromedlen. Man kan emellertid få en viss uppfattning om hur författarna har tänkt sig arbetet med läromedlet genom att analysera de eventuella **uppgifter**, som finns däri. Två aspekter på uppgifterna kommer att beaktas. Dels klassificeras uppgifterna i olika kategorier, dels undersöks hur hårt styrda de är.

a) Klassificering av uppgifter jämte förekomsten av litteraturhänvisningar. En uppgift innebär en problemformulering. Varje läromedel definierar uppgiftens omfattning genom någon form av avgränsning. När jag räknar antalet uppgifter av den ena eller den andra kategorin så använder jag i de flesta fall läromedlens avgränsningar. I några få fall har en laborations omfång klart definierats men innehållit två försök av olika karaktär. Dessa har då räknats var för sig. Det här betyder naturligtvis att omfattningen av en uppgift kan variera avsevärt. Vad som kallas "laboration" i ett läromedel kan i ett annat vara uppdelat i flera småförsök, vilka vart och ett där kallas "laboration". Att redovisa absoluta antal i kategorierna är alltså ej meningsfullt, varför jag i stället redovisar procentuella andelar.

Litteraturhänvisningar är inte kopplade till vissa problemställningar utan är hänvisningar till var eleven kan vidga eller fördjupa sina kunskaper utöver lärobokens framställning. Här beaktas bara specifiserade hänvisningar, ej hänvisningar av typen "andra läroböcker i fysik" o dyl.

Uppgifterna kan struktureras efter tre indelningar:

1. Experimentella eller teoretiska uppgifter.
2. Undersökande, verifierande eller färdighetstränande uppgifter.
3. Kvantitativa eller kvalitativa uppgifter.

I samband med diskussionen av Nuffield Physics och PSSC i kapitel 3 har ett par av dessa indelningsgrunder berörts, nämligen nr 1 och nr 3. Indelningen i konvergenta och divergenta uppgifter görs ej här. Det visar sig nämligen att andelen divergenta uppgifter i de undersökta läromedlen är försumbar.

En **experimentell** uppgift kräver för sitt lösande användning av experimentmateriel, som kan hämtas ur laboratoriet eller ur vardagen. Det behövs inte för att lösa en **teoretisk** uppgift. Den kan innebära ett studium av läroboken eller av andra böcker, att lösa en räkneuppgift o dyl.

Den **undersökande** uppgiften kan svara på frågorna

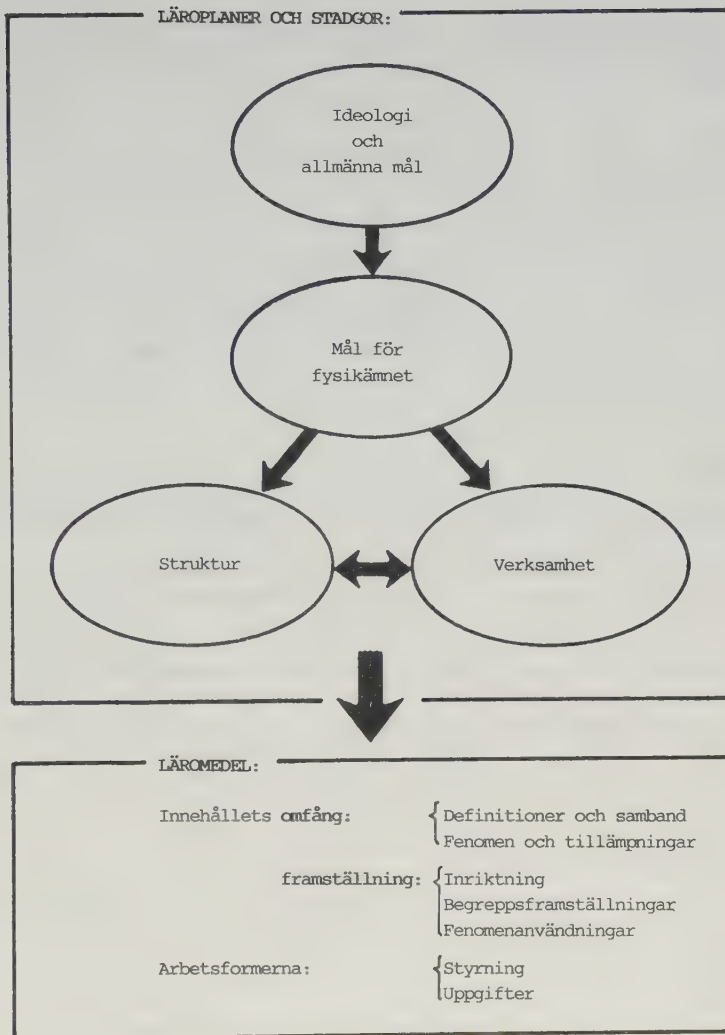
- "hur?" Uppgiftens lösande leder fram till ett samband mellan storheter eller utfallet av ett experiment;

- "varför?" Ett samband eller ett fenomen redovisas, och uppgiftens lösande förklarar detta.

En undersökande uppgift kan också innebära en större utredning och/eller en sammanfattning. Den **verifierande** uppgiften utgår från ett samband eller utfallet av ett försök. Uppgiftens resultat skall passa in i det givna mönstret. Vidare tränar naturligtvis de undersökande och de verifierande uppgifterna även det experimentella handlaget, räknefärdigheten eller förmågan att strukturera en text. En **färdighetstränande** uppgift har emellertid som primärt syfte att laboranten skall öva hanterandet av ett mätinstrument, hopmontering av materiel och liknande. Att komma fram till ett mätvärde är där sekundärt. Även en traditionell räkneuppgift, där man skall beräkna värdet av en storhet med hjälp av givna mätvärden och samband, klassificeras som en färdighetsträning; likaså en enkel instuderingsuppgift.

Den **kvantitativa** uppgiftens resultat är en numerisk eller algebraisk utsaga, ex vis "vattens specifika värmekapacitivitet är $4,2 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$, koppars d:o är $0,39 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ". Resultatet av en **kvalitativ** uppgift är däremot en utsaga av typen "om man skall värma lika stor massa vatten och koppar lika många grader så behöver vattnet mera värmeenergi". Med denna definition klassas alltså en komparativ utsaga som kvalitativ. Den kvalitativa uppgiftens resultat kan naturligtvis också vara av systematiserande karaktär.

b) **Styrningen av uppgifterna.** Läromedlet kan styra elevens lösande av uppgiften mer eller mindre. Stegen kan vara noggrant specificerade eller lämnas åt honom att själv konstruera. En gradering av styrningen kan också, vilket diskuteras i kapitel 14, användas till att klarlägga kunnandepuppfattningen bakom läromedlet. Vi kommer att se, att stadgor och läroplaner lägger vikt både vid en undervisning, som stöder sig på experiment, och ett undersökande arbetssätt. Jag finstrukturerar därför de undersökande (och de verifierande) experimentella uppgifterna med en klassificering efter antalet frihetsgrader. Enligt Schwab (se Shulman & Tamir i Travers, 1973, s 1112-1113) kan man identifiera tre komponenter



Figur 7.1. Undersökningsmall för stadgor/läroplaner respektive läromedel

i uppgiften: problem, genomförande och svar. Var och en av dem kan vara öppen eller given. Detta leder till de frihetsgrader, som redovisas i tabell 7.1.

Tabell 7.1. Frihetsgrader i elevuppgifter enligt Schwab (Shulman & Tamir i Travers, 1973)

FRIHETSGRADER	PROBLEM	GENOMFÖRANDE	SVAR
0	givet	givet	givet
1	givet	givet	öppet
2	givet	öppet	öppet
3	öppet	öppet	öppet

8. STADGOR/LÄROPLANER: JÄMFÖRELSE R MELLAN FORMULERINGAR OM IDEOLOGI OCH MÅL

8.1. Realskolan

Realskolans ideologi- och målformuleringar, både avseende den allmänna nivån och fysiknivån, skiljer sig föga i de tre stadgorna. De behandlas därför som en helhet.

ALLMÄNT

"Realskolan ... har till ändamål att utöver omfånget för folkskolans verksamhet meddela allmän medborgerlig bildning." (1910, s 2; 1928, s 2; 1933, s 2)

"Icke blott genom meddelandet av kunskaper och färdigheter utan även i övrigt hava de allmänna läroverken till uppgift att under samverkan med hemmen bidra till lärjungarnas sedliga uppfostran." (1910, s 24; 1928, s 36; 1933, s 63)

Realskolan skall alltså dels ge kunskaper och färdigheter, dels fostran. 1905 och 1928 års stadgor talar om att eleven skall kunna självständigt tillägna sig, ordna och använda kunskapen. Läraren skall anpassa undervisningen efter elevernas krafter och anlag. 1933 års stadga ersätter "krafter och anlag" med "... noga anpassas efter deras ålder, kön och utvecklingsstadium" (s 61). Samtidigt skall undervisningen

"... tillse, att den harmoniska utvecklingen av lärjungarnas anlag och förmögenheter icke må stå tillbaka för inhämtandet av minneskunskaper." (1910, s 22; 1928, s 32)

"... avse en harmonisk utveckling av lärjungarnas anlag och förmögenheter." (1933, s 61)

Vad gäller fostran, skriver alla tre stadgorna att eleven skall vara gudfruktig, flitig och laglydig, lydig mot sina lärare och sams med sina kamrater. Undervisningen skall också fostra fosterlandskänslan. 1928 års stadga utvidgar detta till att även omfatta fostran till arbetsamhet, sparsamhet, ordning och pliktuppfyllelse samt samhörighet mellan eleverna inbördes och med lärarna. 1933 års stadga utesluter sparsamheten men betonar fosterlandskärleken och medborgarandan starkare. (1910, s 22-24; 1928, s 35-36; 1933, s 61, s 64)

FYSIK

Målformuleringarna för fysiken är korta och likartade. I 1905 års stadga får fysik, biologi och kemi en gemensam målformulering:

"Undervisningen i biologi, fysik och kemi i realskolan har till uppgift att bibringa lärjungarna en på egen åskådning grundad, väsentligen genom induktivt förfarande vunnen, efter deras utveckling afpassad kunskap om naturen och dess företeelser samt om naturlagarna och deras tillämpning på det praktiska lifvet." (1910, s 214-215)

Stadgorna 1928 och 1933 tilldelar fysiken en egen men likalydande målbeskrivning:

"Undervisningen i fysik i realskolan har till uppgift att, i anslutning till vad som tidigare inhämtats, bibringa lärjungarna en på egen åskådning grundad, väsentligen genom induktivt förfarande vunnen kunskap om de viktigaste fysiska företeelserna och lagarna och därmed sammanhörande praktiska tillämpningar." (1928, s 228; 1933, s 311)

8.2. Lgr 62

I grundskolornas läroplaner upptar målformuleringarna betydligt större utrymme. I "Mål och riktlinjer" finns beskrivningar på nivån ideologi och allmänna mål, och där finns också utsagor som kopplar över till de ämnesspecifika målen. Här följer ett försök till sammandrag, som bör läsas med den oundvikliga risken för tolkningsfel och urvalsskevhet i tankarna.

ALLMÄNT

Eleven skall få mogna till en fri, självständig och harmonisk människa, en människa som kan fungera som medborgare i ett demokratiskt samhälle.

I skolans fostrande verksamhet ingår dels meddelande av kunskap, dels personlighetsfostran:

- individuell fostran;
- social fostran;
- fostran för arbete;
- fostran för fritid;
- fostran för familjeliv;
- ekonomisk fostran.

Hem, skola och samhälle har det gemensamma ansvaret för de ungas utveckling och fostran. De skall därför samarbeta. (s 13-21)

FYSIK

Skolan skall ge alla medborgare en gemensam referensram. I dagens komplicerade samhälle måste denna vara vidare än tidigare. Det är därför än angelägnare att ge samtliga elever en elementär naturvetenskaplig orientering. (s 15)

För högstadiet föreskrivs, att denna naturvetenskapliga orientering skall inriktas på att

- ordna och komplettera elevernas vetande om naturen och tekniken och hur dessa samspelar med människan;
 - ge de grundläggande kunskaper som är värdefulla för vardagslivet och för elevens fortsatta utbildning;
 - väcka intresse för naturvetenskap och teknik;
 - visa lagbundenheterna i teknikens och naturvetenskapens värld;
 - lära eleverna att på egen hand komplettera och fördjupa sina skolkunskaper. (s 215)
- Denna inriktning på naturorienteringsämnena medför då speciellt, att målen för ämnet fysik blir, att undervisningen i detta ämne skall
- ge kunskap om de viktigaste fysikaliska företeelserna och deras praktiska tillämpningar samt de dithörande lagarna;
 - orientera om nutida uppfinningar, upptäckter och världsbild;
 - väcka intresse för de fysikaliska sammanhangen;
 - öva eleverna att iaktta, undersöka och dra slutsatser;
 - öva elevernas förmåga att skaffa sig kunskaper på egen hand. (s 289)

8.3. Lgr 69

ALLMÄNT

Eleven står i centrum. De som arbetar i skolan skall respektera hans människovärde, försöka förstå hans egenskaper som individ och hjälpa honom att mogna till en fri, självständig och harmonisk människa, en aktiv medborgare i morgondagens samhälle. Skolan skall

- meddela kunskaper: dels goda grundläggande kunskaper, dels öva förmågan att tillämpa och kunna komplettera dessa;
- utveckla personligheten, så att eleven blir en fri och självständig och socialt medveten människa, som respekterar och tillämpar demokratins principer.

Hem, skola och samhälle har gemensamt ansvar för och intresse av de ungas utveckling. De skall därför samarbeta. (s 10-15)

FYSIK

Skolan skall ge alla medborgare en gemensam referensram. I dagens komplicerade samhälle måste den vara vidare än förut. Det är därför än angelägnare att ge samtliga elever en objektiv, elementär naturvetenskaplig orientering. (s 12) Denna naturvetenskapliga orientering skall inriktas på

- snarare förståelse av fenomen och fördjupning inom valda områden än att ge ett stort förråd av faktakunskaper, vilka kanske blir inaktuella eller ej används av eleverna;
 - lära eleverna att själva leta reda på, välja ut och värdera kunskapsstoff;
 - lära dem studieteknik och goda studievanor samt stimulera intresset för studier på egen hand;
 - ge inblick i sambandet mellan olika fenomen i naturen;
 - ge inblick i växelspelen mellan naturen, tekniken och människan och hur människan under ansvar kan påverka detta växelspel och denna utveckling. (s 170-171)
- För undervisningen i fysik medför inriktningen att målen blir, att
- orientera om fysikaliska företeelser av värde, lokalt, globalt och universellt;
 - orientera om världsbildens utveckling,
 - ge inblick i växelspelen mellan fysik, teknik och samhälle;
 - öva eleverna att iaktta, undersöka, dra slutsatser och värdera resultat;
 - lära dem att förvärva kunskaper på egen hand. (s 197)

8.4. Lgr 80

ALLMÄNT

Eleven är en aktiv och skapande människa som tillsammans med sina medmänniskor skall sträva efter att förstå och förbättra sina och andras livsvillkor i en värld, som rymmer konflikter och maktmissbruk. Skolan skall knyta an till barnens vetande och nyfikenhet och ge

- dels en för alla gemensam utbildningsgrund, där stor vikt läggs vid kunskaper för vardagslivet och vid kommunikationsfärdigheterna tala, läsa, skriva, räkna;
- dels kunskaper som varje elev väljer efter intresse och personligt värde.

Skolan skall också fostra eleverna till att omfatta och tillämpa de demokratiska värderingarna. Den skall klart ta avstånd från allt som strider mot dem. Denna fostran skall ske under minsta möjliga tvång, i samverkan mellan barnen och de vuxna och med respekt

av andras värde och åsikter.

Skolan kompletterar hemmets påverkan och fostran, även om huvudansvaret vilar på hemman. (s 13-19)

FYSIK

Skolan skall betona de tekniskt-praktiska vardagsfärdigheterna. Vidare bör eleverna, i ett historiskt perspektiv, lära sig naturvetenskapernas betydelse för samhället och individen på gott och ont. (s 16)

(Ämnet "fysik" förekommer inte separat i Lgr 80. De traditionella ämnena fysik, kemi, biologi och teknik är sammanfattade under rubriken "Naturorienterande ämnen".)

Målet med undervisningen i naturorienterande ämnen är att

- lära eleverna hur naturen fungerar;
- orientera om ämnens uppbyggnad och reaktioner, om fysikaliska företeelser av betydelse, om tekniken och dess utveckling, om olika arbetsmiljöer, industrier och processer;
- belysa hur naturvetenskaperna och tekniken påverkat världsbilden och utvecklingen;
- medvetandegöra eleverna om riskerna i miljön, så att de kan granska olika problem och ta ställning till dem;
- lära sig ett laborativt och undersökande arbetssätt. (s 114-115)

8.5. Jämförelser

Diskussionen kring ideologi och allmänna mål kommer att bli kortfattad i detta kapitel. Mitt intresse är inte en analys av skrivningarna på den översta nivån, annat än vad avser implikationerna för fysikundervisningen. Naturligtvis är kännedom om den översta nivån fundamental för en förståelse av läroplanernas förändringar. Särskilt viktigt därvidlag är skolans koppling till samhällsutvecklingen. Eftersom läroplans/läroboksdelen av avhandlingen i huvudsak är deskriptiv väljer jag dock att spara diskussionen om ideologi och skolans allmänna mål kontra samhällsutvecklingen till kapitel 14 i den tredje delen och där referera till andra, mera djupgående analyser. I det här kapitlet begränsar jag mig till dels konsekvenser för fysikämnet, dels några punkter som får bli bakgrund till kapitel 14. Jag fokuserar på vad stadgorna och läroplanerna säger om samhället och elevens relation till samhället respektive om skolans roll.

Som nämndes ovan kan de tre läroverksstadgorna behandlas som en helhet på grund av sina likartade formuleringar. I dem ses samhället som överordnat individen. Eleven skall inte ifrågasätta auktoriteterna - Gud och fosterlandet, förkroppsligade i lärarna - utan lyda påbuden. Ej heller skall han söka konflikt med sina kamrater utan leva i frid och en-dräkt med dem. Skolans roll i denna hierarki är att fostra eleven till anpassning. Dessutom skall skolan ge en medborgerlig allmänbildning,

och man förstår ur anpassningssynen att detta kunskapsinnehåll skall vara okontroversiellt och ej ge upphov till ett kritiskt ifrågasättande. Vad beträffar fysikämnet fanns ej heller något behov av granskning. Fysiken deltog i teknifieringen av arbete, kommunikationer och hem och var därmed ett medel i den begynnande välfärden.

Likaväl kan Lgr 62 och Lgr 69 behandlas tillsammans. De har många gemensamma grundtankar. Lgr 69 kan i åtskilliga avseenden ses som en reviderad Lgr 62. Jag börjar bakifrån med Lgr 69, i vilken bilden av samhället är en demokrati i harmonisk jämvikt - detta är i alla fall idealet. Eleven skall inte längre underordna sig överheten utan skall vara självständig och obunden, dock utan att förfalla till egoism. Ledstjärnan är respekt för och tillämpning av de demokratiska spelreglerna. Skolan skall hjälpa eleven att utveckla dessa idealegenskaper. "Utveckla" är ett nyckelord. Det antyder att eleven själv är den aktive, som agerar av inre motivation. Skolan skall bara jämna vägen för honom. Just i detta ordval ligger en skillnad mellan Lgr 69 och Lgr 62. Den sistnämnda har samma samhällsbild men använder ordet "fostran" i stället, något som implicerar en mera styrande roll för skolan. I detta avseende innebär Lgr 62 en övergång mellan realskolan och Lgr 69. Beträffande kunskapen förordar såväl Lgr 62 som Lgr 69 en grundläggande allmänbildning, vilket kan tolkas som en kunskap av värde inte bara för eleven utan också för samhället.

Med Lgr 80 inträder en ny samhällsuppfattning, som är långt från de tidigare harmoniska bilderna. Tvärtom är samhället fyllt av konflikter mellan intressen och missbrukad makt. Demokratins fortlevnad är ej en självklarhet, och därför ställs större krav än tidigare på utvecklandet av elevens kreativitet och kritiska tänkande. Skolan får åter en aktivare roll i denna process. Skolan skall än en gång fostra, och framför allt skall skolan ej längre vara värdeneutral. Den skall entydigt markera avståndstagande från allt som kan hota demokratin. En aktiv elev försvarar demokratin med demokratins medel, dvs i diskussioner och arbete med andra. Därför betonas kommunikationsfärdigheternas betydelse vid sidan om vardagskunskaperna. Beteckningen "vardagskunskaper" måste tolkas som "tillämpbara kunskaper som ger underlag för den kritiska granskningen av vardagen". Isolerad kunskap är av ringa värde.

Johansson (1970, s 8) delar in skolans mål i

- individorienterade målsättningar;
- samhällsanpassade målsättningar;
- samhällsförändrande målsättningar.

Realskolans ideologi- och målbeskrivningar skulle då lägga tonvikten vid individorienterade och samhällsanpassade målsättningar. Grundskoleläroplanerna innehåller skrivningar inom alla tre kategorierna, men Lgr 62 och Lgr 69 betonar de samhällsförändrande målsättningarna mindre än vad Lgr 80 gör.

Hur hänger nu de formulerade målen för fysikundervisningen samman med de allmänna målen?

a) Realskolans fysik skall innehålla vardagsfysik med anknytning till elevernas vetande. Kunskapen vinnns huvudsakligen genom induktion, dvs slutsatser från det specifika (experiment) till det allmänna (lagbundenheter osv). En sådan fysikundervisning konkretiserar det övergripande målet "systematiserad och tillämpbar allmänbildning".

Läroverksstadgorna anger, att all undervisning skall öva eleven i att använda modersmålet. Hur detta skall tillgodoses framgår ej av målbeskrivningen i fysik. I de metodiska anvisningarna anges att eleverna skall skriva redogörelser (1935, s 165; 1955b, s 141; 1958, s 377), vilket ju innebär en träning i skriftlig framställning.

De uppfostrande kraven i den allmänna delen återfinns ej i fysikdelen.

b) Realskolestadgorna ifrågasätter ej fysikämnets existens. Fysik skall läsas, punkt och slut. Grundskoleläroplanerna ifrågasätter ej heller behovet av naturvetenskaplig orientering - i Lgr 62 och Lgr 69 motiveras dessutom, varför denna orientering är ännu angelägnare än tidigare. Däremot sker en förskjutning från att man skiljer på de enskilda naturorienterande ämnena mot en betoning av helhetssynen.

c) Lgr 62 och Lgr 69 motiverar naturorienteringens betydelse med behovet av att eleven har en vid referensram, dvs i själva verket realskolans allmänbildningssyfte. Det är i samklang med dessa skolformers harmonisyn: man kan inte vara fri, självständig och harmonisk, om man är okunnig. I Lgr 80 betonas vardagsfysiken och det historiska perspektivet i enlighet med konfliktsynen: eleven måste ha kunskap om världen av igår, idag och imorgon för att kunna se kritiskt på sin omvärld och komma med konstruktiva förändringsförslag.

Lgr 62 och Lgr 69 konvergerar mot samma fysik som realskolan: vardagsfysik med anknytning till elevernas vetande och ett induktivt arbetssätt. Lgr 80 anger också detta innehåll och kanske också detta arbetssätt, men vidgar ämnet enligt ovan: historiskt perspektiv, kritisk-konstruktiv utblick över omvärlden.

9. STADGOR/LÄROPLANER: JÄMFÖRELSE MELLAN BESKRIVNINGAR AV STRUKTUR RESPEKTIVE VERKSAMHET

9.1. Timplaner

Varje stadga och läroplan, utom Lgr 80, anger timplaner för fysikämnet. Lgr 69 medger blockläsning av de naturorienterande ämnena men föreskriver ett visst antal veckotimmar för fysiken, i den mån man arbetar ämnesindelad. Vidare specificeras ej fördelningen av fysikmomenten på de olika årskurserna bindande, vilket alla de föregående stadgorna/läroplanerna gjort, men en exemplifiering finns i supplementet "Orienteringsämnen - högstadiet" (1969). Lgr 80 går ett steg längre och anger endast det sammanlagda antalet veckotimmar under högstadiet (stadieveckotimmar) som tilldelas de naturorienterande ämnena, dock att teknik skall omfatta två stadieveckotimmar. En sammanställning av timplanerna för de olika skolformerna visas på nästa sida.

9.2. Jämförelser mellan timplaner

Figur 9.1 visar det sammanlagda antal veckotimmar som fysikämnet varit representerat med i de olika skolformerna. Inom varje skolform redovisas också hur många veckotimmar som varit avsedda för gruppundervisning. Ur figuren följer nedanstående kommentarer.

a) Ämnet har i alla skolformerna varit förlagt till de tre högsta klasserna. Någon motivering till detta nämns aldrig, men tanken är förmodligen att ämnets abstraktionsnivå kräver ett senareläggande. Lgr 69 tillåter den enskilda skolan dels att välja mellan samlad naturorienterande undervisning och ämnesvis undervisning, dels, om ämnesvis undervisning sker, att fördela fysikundervisningens 5 vtr på årskurserna.

b) Det totala antalet veckotimmar har hela tiden varit litet och väsentligen oförändrat. Intressant är att notera, att de elever som i Lgr 62 valde allmänpraktisk, teknisk-praktisk, hushållsteknisk eller handelslinje ansågs kunna vara tillräckligt allmänbildade på totalt 4 vtr fysikundervisning i åk 7 och 8. Ingen annanstans finns ett så lågt timtal (undantagandes den praktiska realskolans handelslinje med 3 vtr).

1933 års läroverksstadga

1933 1955, 1958

1³/2⁴/3⁵: 2 vtr (0,25 vte lab) 2 vtr (0,5 vte lab)
 2³/3⁴/4⁵: 2 vtr (0,25 vte lab) 2 vtr (0,5 vte lab)
 3³/4⁴/5⁵: 2 vtr (0,5 vte lab) 2 vtr (0,5 vte lab)
 (1933, s 255, s 311-312; 1955h, s 21; 1958, ASÖ 11:1958, s 241)

Laborationsgrupp bör vara högst 16 elever. (1933, s 258)

Periodläsning kan anordnas för att undvika splittring av undervisningen. Periodläsning bör vara regel, om * läroämnet har mindre än 2 vtr,

* antalet läroämnen är större än nio, varvid periodläsningen skall göra så att det blir högst nio läroämnen samtidigt.

(1933, s 22)

Lgr 80

Naturorienterande ämnen (biologi, fysik, kemi, teknik): 15 stadieivr, därav 2 vtr för teknik.
 (1980, s 157)

I övrigt finns inga föreskrifter för fördelningen inom årskurs eller ämne (i den mån undervisningen sker ämnesvis). Varje skola beslutar om fördelningen.

Vidare kan naturvetenskapliga inslag finnas i tillvalen och i temastudierna. På förslag av rektor beslutar skolstyrelsen om vilka tillvalskurser som skall erbjudas. Kurserna får ej vara parallell- eller överkurser till de obligatoriska ämnena utan skall vara en fördjupning eller intresseprofilering av några moment ur olika ämnen. Tillvalsämnen har 11 stadieivr. (1980, s 34-35) Temastudier är fördjupningsuppgifter som lärare och elever väljer inom de obligatoriska ämnenas ram. Ett riktvärde för högstadiet är 12 stadieivr. (1980, s 35)

1928 års läroverksstadga

2⁴/3⁵: 3 vtr (0,5 vte lab)
 3⁴/4⁵: 2 vtr (0,5 vte lab)
 4⁴/5⁵: 2 vtr (0,5 vte lab)
 (1928, s 217, s 228)

Periodläsning kan ske.

(1928, s 10)

Lgr 69

För orienteringsämnena fysik, kemi, biologi, historia, samhällskunskap, religionskunskap och geografi gäller

Åk 7: 10 evtr, 13 lvtr
 Åk 8: 10 evtr, 13 lvtr
 Åk 9: 10 evtr, 13 lvtr

evtr = elevveckotimme
 lvtr = lärarveckotimme
 lvtr - evtr = resurstimme för gruppdelening

Om undervisningen sker ämnesvis, skall eleven ha sammanlagt 5 vtr fysik under högstadiet. (1969, s 120-121)

Åk 7: 2 evtr
 Åk 8: 1,5 evtr
 Åk 9: 1,5 evtr
 (Exemplifiering, suppl 1969, s 79, 82, 85)

1905 års läroverksstadga

Klass 4: 2 vtr
 5: 1 vte
 6: 2 vtr

Privilliga laborationer kan anordnas i fysik (klass 4-6), kemi (Klass 5) och biologi (klass 6), dock högst 1 vte.

(1910, s 166-167)

Koncentrationsläsning kan ske under behållande av det totala timtalet för ett läsår.

(1910, s 217)

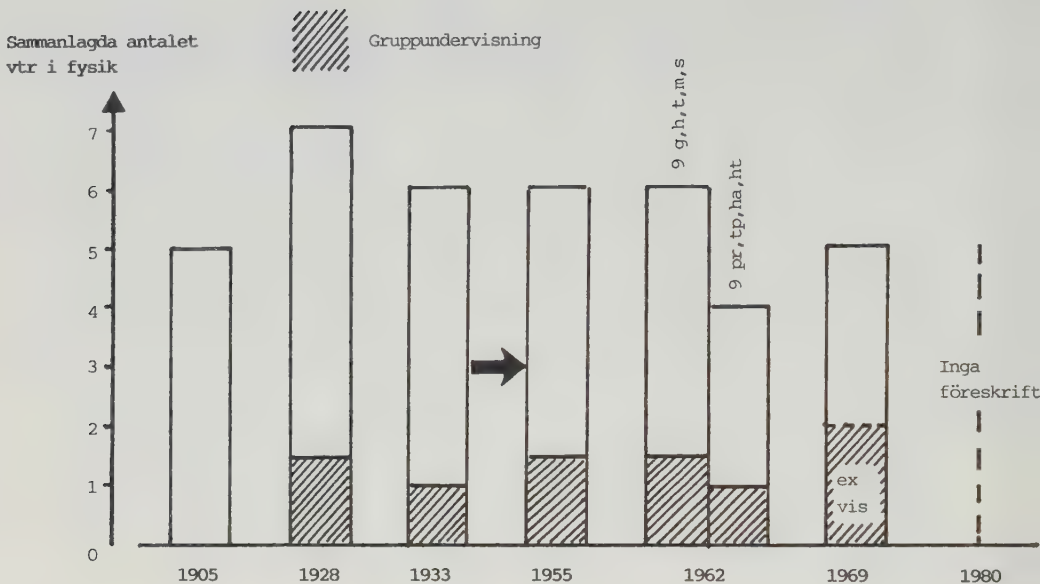
Lgr 62

Åk 7: 2 vtr (0,5 vte lab)
 Åk 8: 2 vtr (0,5 vte lab)
 Åk 9g, h, t, m, s: 2 vtr (0,5 vte lab)

9pr, tp, ha, ht: -

Högst 16 elever skall ingå i en laborationsgrupp.
 (1962, s 117)

Periodläsning kan med fördel tillämpas inom orienteringsämnena.
 (1962, s 37-38)



Figur 9.1. Översikt över det sammanlagda antalet veckotimmar i fysik i de olika skolformerna

c) T o m Lgr 62 specificerades fördelningen mellan helklass- och gruppundervisning. I Lgr 69 angavs antalet gruppundervisningsveckotimmar (resurstimmar) samlat för alla orienteringsämnena. Varje skola bestämde hur den fördelade denna och eventuell annan resurs på ämnena, och detta skiftade över skolor och tid. Två fördelningar, som jag själv har erfarenhet av, är nedanstående.

i) Helklassundervisning med 30 elever och gruppundervisning med 15 elever:

Åk 7: 1 vte helklass + 1 vte halvklass

Åk 8: 1 vte helklass + 0,5 vte halvklass

Åk 9: 1 vte helklass + 0,5 vte halvklass

ii) Två klasser delas i tre grupper om vardera maximalt 20 elever. Varje grupp undervisas enligt rekommendationen 2/1,5/1,5 vtr i respektive årskurs, dock bara med ett lektionstillfälle i veckan:

Åk 7: 80 min

Åk 8: 60 min

Åk 9: 60 min

d) I alla skolformerna fanns möjlighet att koncentrationsläsa fysik. Notera formuleringen i 1933 års läroverksstadga, att periodläsning bör vara regel om eleverna skulle få läsa flera än nio läroämnena samtidigt i annat fall. Detta försök att stävja ämnessplittringen av schemat återfinns ej explicit i senare skolformer.

Utvecklingen går alltså mot att tillåta en lösliigare struktur på undervisningen i de naturorienterande ämnena. Emellertid ligger den stora förändringen i rättigheten - ej skyldigheten! - att läsa ämnesintegrerat i Lgr 69 och Lgr 80. Om detta inte görs, om man fortsätter att läsa ämnet fysik, är förändringarna marginella, vad vi hittills sett.

9.3. Kursplaner och föreslagna kursinnehåll

Alla skolformer redovisar ett bindande huvudinnehåll i lärokursen, framställt i rubrikartad form. Grundskoleläroplanernas kursföreskrifter kallas huvudmoment och anger "de områden, det stoff och de färdigheter, som skall vara det väsentliga föremålet för undervisningen av alla elever ..." (Lgr 62, s 39; likartad formulering Lgr 69, s 44 samt Lgr 80, s 15 och s 29). Kursföreskrifterna ger inte någon detaljerad bild av innehållet. Varje skola eller lärare har haft rätt att tolka in ett kursinnehåll i dem. Som hjälp (eller styrning!) har då också tillhandahållits ett förslag till detaljerad kursplan, antingen i själva stadgan/läroplanen eller i fristående publikationer. I realiteten har säkerligen förslagen varit normerande för såväl läroboksförfattare som för enskilda skolor och lärare. Därför har jag valt att innefatta de föreslagna kursplanerna i analysen, trots att de ej varit bindande.

Inför redovisningen av kursplaneförslagets och, sedemera, läroböckernas innehåll kan det vara intressant att undersöka hur kursföreskrifterna är formulerade. (1910, s 215-216; 1928, s 228-229; 1933, s 311-312; Kursplaner och metodiska anvisningar 1955, s 21; ASÖ 11:1958 nr 16, s 242-242; Lgr 62, s 289; Lgr 69, s 197; Lgr 80, s 116-119)

Ur en genomläsning följer några kommentarer.

a) 1928 och 1933 års kursplaner är väsentligen likadana, så när som på att elektrostatisken har flyttats fram en årskurs. De är alltså så allmänt formulerade, att minskningen av timantalet ej har ansetts behöva föranleda någon nedskärning av kursföreskrifterna.

b) Kursföreskrifterna från 1955 och 1958 är så kortfattade, att de egentligen inte säger någonting alls. Detta kan med fog anses gälla även för huvudmomenten i Lgr 69. När kursföreskrifterna är så vaga, verkar det rimligt att anta att de föreslagna kursinnehållen styr än hårdare. Såväl 1955 och 1958 års metodiska anvisningar som 1969 års supplementdel är

också mycket detaljerade.

c) I kontrast till detta är huvudmomenten i Lgr 80 mera utarbetade. Å andra sidan saknas föreslaget kursinnehåll. Rekommenderande skrivningar har alltså till en viss del ersatts med bindande skrivningar.

d) Realskolestadgornas kursplaner beskriver endast lärostoffets inriktning. Huvudmomenten i grundskoleläroplanerna är ett vidare begrepp, vilket ju också framgår av definitionen ovan. Förutom lärostoffet ingår också laborationer (i Lgr 80 "praktiska försök", "mätning", ...) som ett huvudmoment. Det skall kanske ses som en markering av kravet på elevaktivitet snarare än en innovation, eftersom även läroverksstadgorna påbjöd laborationer.

9.4. Jämförelser mellan kursbeskrivningar

Som framgått av avdelning 9.3 är kursföreskrifterna/huvudmomenten otjänliga som innehållsförteckningar över lärostoffet. Jag har därför i denna avdelning använt metodiska anvisningar och därmed jämförbara supplement. 1905 års läroverksstadga innehöll metodiska anvisningar, något som jag ej återfunnit till 1928 års läroverksstadga. Till 1933 års läroverksstadga utgavs separata metodiska anvisningar 1935, 1955 och 1958. I Lgr 62 finns "Förslag till disposition av en studieplan" omedelbart efter huvudmomenten, medan denna i Lgr 69 beskrivs i ett särskilt supplement, "Orienteringsämnen - högstadiet". Till Lgr 80 har ännu inte utgivits någon motsvarande skrift.

På målnivån anges att ämnet skall innehålla grundläggande fysik med tekniska tillämpningar. En gemensam struktureringsmall för stoffet måste då tillämpas, för att jämförelser skall kunna ske över skolformerna. Jag har valt att gruppera stoffet under de traditionella rubrikerna:

Allmän fysik och mätteknik

Mekanik för fasta kroppar, vätskor och gaser

Värmelära med meteorologi

Elektricitetslära med magnetism och elektronik

Optik

Akustik

Atom- och kärnfysik

Astronomi

Oftast har ett visst moment nämnts explicit. Ibland har detta ej skett, utan kursförslaget har innehållit en vagare eller mera sammanfattande benämning. Jag har då försökt tolka in moment i denna benämning. Där så har skett markeras detta med ett minustecken i tabell 1, tabellbilagan. Denna tabell ligger till grund för analysen.

Jag har ej funnit några metodiska anvisningar till 1928 års läroverksstadga, och eftersom jag då saknar en detaljerad kursplanebeskrivning utgår denna skolform från analysen. Av samma skäl ingår ej Lgr 80. 1928 års realskola blev ju bara ett kort mellanspel, varför saknaden kanske ej känns så svår. När det gäller Lgr 80 medger huvudmomenten åtskilliga tolkningar, både i traditionell och icke-traditionell riktning. Jag återkommer därför till Lgr 80 i läromedelsanalysen.

c) För Lgr 62 redovisar jag maximikursen, dvs den treåriga kurs som lästes av 9g, h, t, m och s.

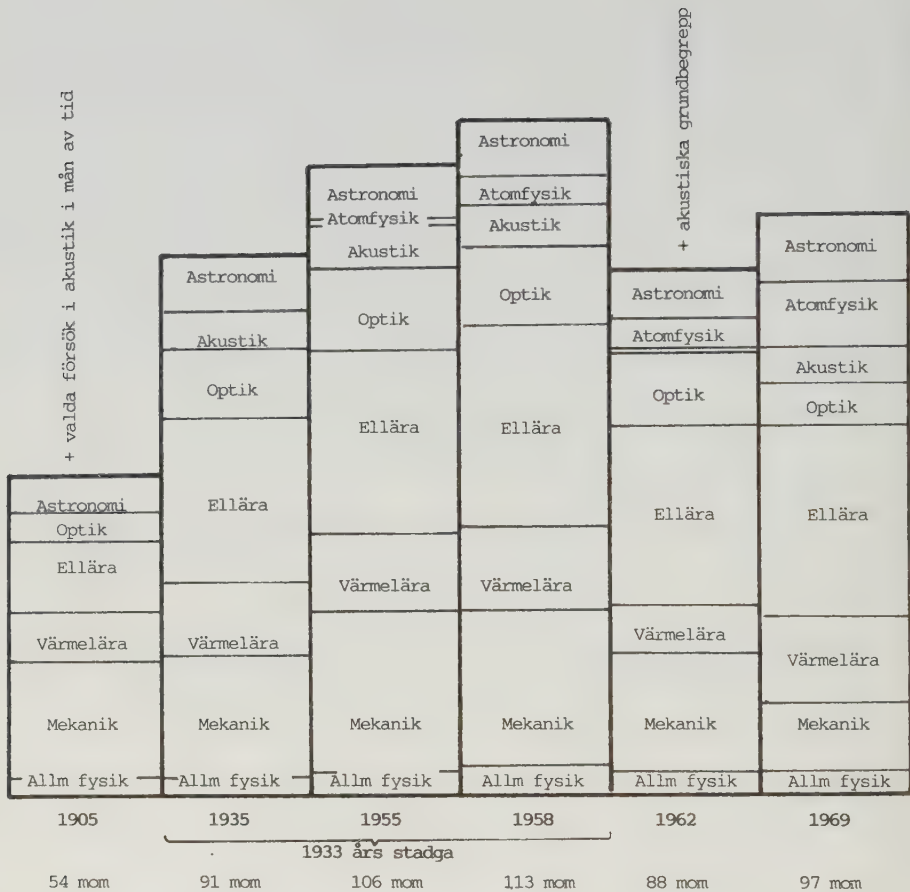
Redovisningen i tabell 1, med den traditionella indelningen av stoffet, kan ej ersätta beskrivningarna av de föreslagna kursinnehållen. Tabell 1 måste läsas parallellt med originaltexterna. I t ex Lgr 69:s supplement finns delvis nya infallsvinklar på stoffgrupperingen, och en sådan gruppering kan göra stor skillnad och skapa nya perspektiv på fysikaliska problem, fastän nettoinnehållet kanske är oförändrat.

Tabelleringen av stoffet redovisar jag alltså i tabell 1. Den är "rådata" och dessutom ganska omfattande. Jag har därför valt att inte sätta in den i texten i det här kapitlet utan i stället insluta den i en särskild tabellbilaga.

Som ett inledande mått på kursomfånget tar jag antalet moment inom varje fysikområde och åskådliggör detta i figur 9.2. Staplarnas höjder är proportionella mot antalet moment, redovisade enligt tabell 1. Figur 9.2 och tabell 1 visar nedanstående.

a) De inbördes storlekarna på delkurserna har varit väsentligen oförändrade, undantagandes elläran och optiken 1905, mekaniken 1969 och atomfysiken. Övergången från manuellt arbete till eldrivna hjälpmedel motiverar förskjutningen mellan mekanik och ellära. Inom elläran har dessutom tillämpningar på elektrostatik och elektromagnetism fått lämna plats åt tillämpad elektronik. Här har kursplane författarna reagerat snabbt och tagit hänsyn till att allt flera elektroniska apparater blivit en del av vår vardag.

b) Följsamheten har varit desto mindre mot atomfysiken. Inte förrän 1958 kom atomfysikaliska moment in på allvar. Dessa är då vanligtvis



Figur 9.2. Jämförelse mellan skolformernas kursomfång, räknat efter antalet rekommenderade moment

Rutherfords atommodell (från 1911), Bohrs atommodell (1913), kärnans struktur (protonen: Rutherford, 1919; neutronen: Chadwick, 1932), radioaktivitet (Becquerel, 1896), fission (Hahn & Strassman, 1939) och fusion (Atkinson & Houtermans, 1929; Bethe, 1939; von Weizsäcker & Gamow, 1939; första vätebombsexplosionen 1952). Eftersläpningen är alltså avsevärd.

c) Akustiken var ett extranummer 1905 och omfattade odefinierade "akustiska grundbegrepp" 1962. Dessemellan var innehållet likadant i de olika beskrivningarna.

d) Optikens innehåll har varit i princip oförändrat fr o m 1935 års metodiska anvisningar.

e) Astronomins innehåll har vidgats från observationer inom solsystemet och Vintergatan till att även omfatta hela det observerbara universums struktur. Det visar följsamhet mot observationsteknikens utveckling och mot den utvidgade världsbilden. Först under 1920-talet accepterades att "Andromedanebulosan" var ett objekt långt utanför Vintergatan. Med detta var det klart att Vintergatan var blott en av många galaxer i ett enormt universum (Larsson-Leander, 1971, avd 1.4).

f) De definitioner och samband, som ansetts utgöra den nödvändiga bassystematiken i ämnet, har varit i stort samma i alla föreslagna kursplaner.

Nu stämmer ju inte profilerna på staplarna i figur 9.2 med profilerna i figur 9.1, som visar det sammanlagda antalet veckotimmar för ämnet. Kursomfånget måste på något sätt sättas i relation till tidsramarna. Jag föreslår två tolkningar av innehållet i de föreslagna kursplanerna, vilka båda bygger på att samtliga moment behandlas i undervisningen. Det är möjligen en krampaktig förutsättning.

Första tolkningen är, att den föreslagna kursplanen betraktas som en maximikurs. Inhämtandet och redovisningen av den fyller upp hela den tillgängliga tiden. För att kunna jämföra, hur lång tid som i genomsnitt kunde ägnas åt varje moment, har jag beräknat kvoten mellan totala antalet undervisningstimmar och totala antalet moment. Totala antalet undervisningstimmar har beräknats utgående från 38 undervisningsveckor på läsåret. Resultatet visas i figur 9.3. I stapeln för 1962 återfinns en hypotetiserad akustikruta. Den är framtagen som ett medelvärde av antalet moment i 1935, 1955, 1958 och 1969 års kursrekommendationer.

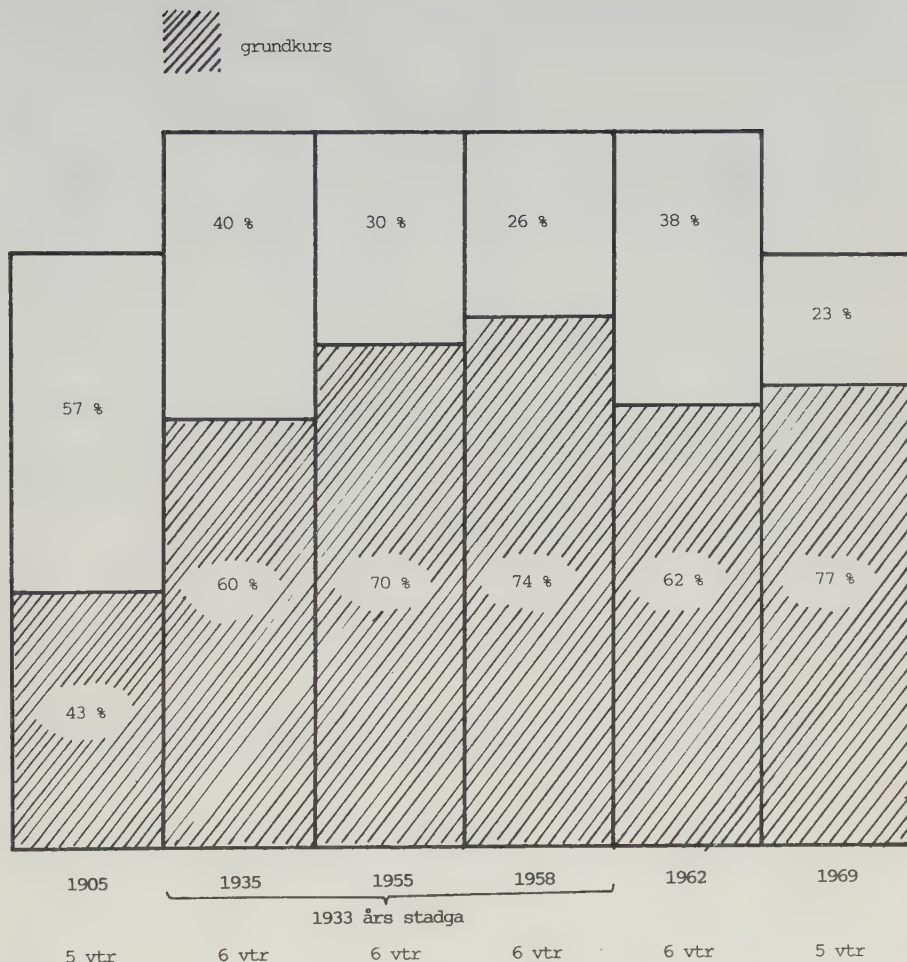
Man kan diskutera om 38 undervisningsveckor är ett lämpligt val, och den allvarligaste invändningen är att realskolans läsår kanske skilde sig från grundskolans. Det är svårt att säga något bestämt om detta. Realskolans läsår var kortare, räknat efter antalet veckor. Å andra sidan var vissa av realskolans lektioner 45 minuter mot grundskolans 40 minuter. Grundskolans schema bryts också av flera aktiviteter än realskolans. Jag anser därför att jag kan räkna med samma veckoantal i alla skolformer. Om detta sedan är 30, 35, 38 eller 40 är irrelevant för den inbördes jämförelsen.

g) Figuren 9.3 visar, att man tog det så lugnt vid seklets början. 1905 års lilla kurs medgav 3,5 utr/mom. Därefter ökade tempot till 1958 års toppvärde med 2,0 utr/mom. Lgr 62 innebar en tillfälligt lugnare takt, men då timantalet skars ned 1969, utan att antalet moment minskade, steg åter farten till 1958 års nivå.

	Astronomi	Astronomi	Astronomi	Astronomi	
	Akustik	Akustik	Atomfysik	Atomfysik	
Astronomi	Optik	Optik	Akustik	Akustik?	Astronomi
Optik			Optik	Optik	Atomfysik
Ellära	Ellära	Ellära	Ellära	Ellära	Akustik
Värmelära					Optik
	Värmelära	Värmelära	Värmelära	Värmelära	Ellära
Mekanik	Mekanik	Mekanik	Mekanik	Mekanik	Värmelära
					Mekanik
Allm fysik	Allm fysik	Allm fysik	Allm fysik	Allm fysik	Allm fysik
1905	1935	1955	1958	1962	1969
1933 års stadga					
54 mom	91 mom	106 mom	113 mom	94 mom	97 mom
5 vtr	6 vtr	6 vtr	6 vtr	6 vtr	5 vtr
3,5 utr/mom	2,5 utr/mom	2,2 utr/mom	2,0 utr/mom	2,4 utr/mom	2,0 utr/mom

Figur 9.3. Kursfördelning, baserad på antagandet att de föreslagna kursplanerna utgör en maximikurs samt på ett antagande om 38 undervisningsveckor per läsår

Den andra tolkningen är, att den föreslagna kursplanen är en grundkurs. När den är genomarbetad skall tid finnas över till fördjupningar, repetitioner, utvidgningar o dyl. Antag, att varje moment tar i genomsnitt 1,5 utr att gå igenom. Grundkursen läggs då in som skuggade staplar i figur 9.4. Andelen tid för grundkurs respektive övrig tid, mätt i procent av den totala tiden, är också angiven. Profilen på de skuggade staplarna överensstämmer med motsvarande profil i figur 9.2, undertagandes 1962 års stapel, där den hypotetiserade akustiken är medräknad. Faktorn 1,5 är inte godtyckligt vald, men å andra sidan inte mera underbyggd än "det verkar rimligt"



Figur 9.4. Kursfördelning, baserad på antagandet att de föreslagna kursplanerna utgör en grundkurs samt på antagandet att varje moment kräver 1,5 utr

h) Kommentaren till figur 9.4 är att man kunde ge sig tid att tänka efter i fysikundervisningen enligt 1905 års stadga. Om däremot 1969 års grundskolelärare ville hinna behandla alla moment i den föreslagna kursplanen och dessutom ville medge eleverna att arbeta med fördjupningar och motsvarande, så fick han verkligen ha kritan i handen när han gick in i fysiksalen.

Genom att räkna antalet moment i tabell 1 kan fördelningen mellan teori och tillämpning beräknas. Detta visas i tabell 9.1. För varje skolform och fysikområde redovisas där två tal. Det första talet anger andelen

Tabell 9.1. Procentuell fördelning mellan teori (definitioner och samband) och tillämpning (särskilda fenomen och tillämpningar) i de olika kursförslagen

	1905	1935	1955	1958	1962	1969
Mekanik	45/55	43/57	44/56	42/58	60/40	58/42
Värmelära	38/62	33/67	31/69	29/71	50/50	29/71
Ellära	50/50	46/54	45/55	44/56	40/60	44/56
Optik	80/20	42/58	43/57	43/57	50/50	60/40
Akustik		50/50	57/43	57/43		67/33
Atomfysik			(0/100)	60/40	60/40	38/62

teori (definitioner och samband), det andra talet andelen tillämpningar (särskilda fenomen och tillämpningar). Andelarna anges i procent. I tabell 9.1 har varken den allmänna fysiken eller astronomin tagits med. Inte i något kursplaneförslag har man definierat vilka mätinstrument för längd, tid m m som eventuellt skall beröras i den allmänna fysiken, utan man har enbart specificerat definitioner och samband. Astronomin, å sin sida, är helt deskriptiv, dvs den består endast av fenomenssystematisering.

Om man läser dels fördelningen teori/tillämpning enligt tabell 9.1, dels vilka tillämpningar som ansetts relevanta enligt tabell 1, kan man dra några avslutande slutsatser.

i) På det hela taget är fördelningen teori/tillämpning ungefär hälften var av momenten. Undantag är värmeläran med ca 1/3 teori och 2/3 tillämpning. Det beror på att jag har klassificerat de meteorologiska momenten som tillämpad värmelära.

j) Grundskolans fysik är ej mera fenomeninriktad och mindre ämnessystematisk än realskolans. Vad gäller mekanik, optik och akustik är tendensen snarare tvärtom.

k) De valda tillämpningarna har föjt med i vardagsteknikens utveckling. Vätskepumpar, ballonger och ångmaskiner har försvunnit. Rea- och raketmotorn har kommit i stället, likaså halvledartekniken. Radio och television är visserligen principiellt enkla men tekniskt avancerade tillämpningar. Ändå har en orientering om dem ansetts angelägen. Radion nämns första gången 1935. När vidare atom- och kärnfysiken sent omsider tagits med, har i alla fall Lgr 69 nämnt kärnenergins krigiska och frdliga tillämpning och strålningsriskerna. Det är företeelser, som verkligen är realiteter i dagens samhälle.

När man läser kursföreskrifterna/huvudmomenten och de rekommenderade kursplanerna direkt i stället för via tabellen 1 blir bilden inte fullt så konservativ. Från och med 1905 års stadga till och med Lgr 62 är visserligen ämnesuppdelningen den traditionella (mekanik, optik, ...), men i Lgr 69 bryts den upp och ersätts med arbetsområden. Ofta är dessa endast omdöpnings av tidigare, konventionellt sammanställda stoffområden, men då och då anknyter de i stället till vardagsfenomen (tid och rum, elströmmen i glödlampan, värme i naturen, elektriciteten i vår tjänst, ...). Lgr 80 har tagit steget fullt ut och kopplar momenten över ämnesgränserna till sina rubriker "Människan", "Naturen och människan" och "Människans verksamhet".

Även om innehållet tillnärmelsevis är oförändrat, så är kanske infallsvinkeln ny i de senare läroplanerna. Vilken bild är då den rätta av nuläget: undervisning med ämnesstrukturen kopierad efter fysiken som vetenskaplig disciplin, eller en fenomencentrerad undervisning? Ett svar, eller i alla fall en kvalificerad gissning, får anstå till läroboksanalysen.

9.5. Jämförelser mellan verksamhetsbeskrivningar

Såväl stadgor som läroplaner och kompletterande skrifter innehåller föreskrifter och rekommendationer om verksamheten. Läroverksstadgorna samlar dessa dels under rubriken "Allmänna grunder för undervisningen", dels i metodiska anvisningar för de respektive ämnena (ej i 1928 års stadga!). Sammantaget utgör de några få sidor i varje stadga. Undervisningen i lärdomsskolan hade en lång tradition och ansågs tydligen inte behöva föreskrivas närmare.

I kontrast till detta står grundskoleläroplanernas beskrivningar. Eftersom målsättningen just var att bryta mot läroverkens undervisningstradition fordrades naturligtvis en omfattande programförklaring. De i denna undersökning relevanta verksamhetsutsagorna omfattar ca 20-30 sidor.

1946 års skolkommision påtalade att skolans arbetssätt skulle ändras i riktning mot ökad elevaktivitet och individualisering. Lgr 62 och Lgr 69 beskriver skolans arbetssätt under nyckelorden motivation, aktivitet, konkretion, individualisering och samarbete (Lgr 62, s 44-59; Lgr 69, s 55-73). Det kan därför vara intressant att studera om även de

Tabell 9.2. Jämförelser mellan skolförhållandenas verksamhetsbeskrivningar

	1905 (1928)	1933/1935	1955	1958	1962	1969	1980
INRE VERKSAMHET							
Motivation							
Erfarenhetsanknytning	*	*	*	*	*	*	*
Ämnessamverkan		*	*	*	*	*	*
Intresseväckande moment	*						
Elevedverkan vid planering					*	*	*
Eleverna skall se mål för undervisningen							*
Aktivitet							
Eleveexperiment vid demonstrationer och laborationer	*		*	*	*	*	*
Undersökande eleveexperiment, ej verifierande			*	*	*	*	*
Kunskapsökande ur flera källor		*	*	*	*	*	*
Problemlösning			*	*			*
Elevedverkan vid planering					*	*	*
Basfärdighetsträning			*	*			*
Konkretion							
Erfarenhetsanknytning	*	*	*	*	*	*	*
Konkret och åskådlig undervisning			*	*			*
Verklighetsanknytning skall gå före ämnessystematik	*		*		*	*	*
Samhällsanknytning							*
Tillverkning av apparater			*				
Audivisueella hjälpmedel					*	*	
Låg abstraktionsnivå			*	*	*	*	
Individerisering							
Överkurs och grundkurs			*	*	*	*	*
Intresseval av moment		*					*
Olika svårighetsgrad på stoffet		*			*	*	
Olika arbetssätt					*		*
Olika arbetstakt					*	*	
Samarbete							
Grupparbete		*	*	*	*	*	*
YTRE VERKSAMHET							
Studiebesök i industrier o dyl			*	*	*	*	*
Praktisk yrkesorientering					*	*	*
Besök på utställningar o dyl							*

övriga skolformernas verksamhetsbeskrivningar helt eller i delar kan passas in under dessa honnörsord. Resultatet presenteras i tabell 9.2 på vidstående sida. I denna är samtliga varianter och former av den allmänna realskolan medtagen samt de tre hittillsvarande grundskoleläroplanerna. 1928 års beskrivning är dock allmänt hållen, eftersom ämnesmetodiska anvisningar saknas. Några kommentarer till tabellen kan göras.

a) I alla skolformerna skall undervisningen i fysik motiveras, vara konkret och ge tillfälle till elevaktivitet. Grundskoleläroplanerna betonas motivationen kraftigare än realskolestadgorna. Detta är kanske viktigare i en obligatorisk skola än i en frivillig och följer ju även en linje från ideologiformuleringarna, där först grundskoleläroplanerna motiverar **varför** ämnet fysik är viktigt. Lgr 80 nämner ju också vikten av att eleverna får se mål för undervisningen och att undervisningen är samhällsanknuten, i konsekvens med ideologin. En ifrågasättande elev frågar rimligen efter undervisningens målsättning.

b) Först med grundskoleläroplanerna diskuteras individualiseringen ur flera aspekter. 1946 års skolkommission aviserade ju en ökad individualisering. I en skola för alla är dessutom elevgruppen heterogenera än i en frivillig skola med ett utspärningssystem, varför individualiseringskravet är både en ideologisk konsekvens och en anpassning till realiteterna. Möjligen kan skrivningarna i 1928 års stadga och framåt, att kursen skall hinnas igenom lugnt och utan jäkt (1928, s 32, s 33, s 35; 1935, s 156; 1955^b, s 138; 1958, s 375), ses som en individualisering till klassens medelstandard. Detta återfinns ej i grundskoleläroplanerna. Kanske anses det självklart där, eftersom någon "kurs" ej existerar, utan endast huvudmomenten är bindande.

c) Eftersom läroverksstadgorna präglas av individtänkande men grundskoleläroplanerna av eleven som samhällsmedborgare, så hade man kunnat vänta sig en betoning av samarbetet i de senare. Så har skett i viss mån. Den huvudsakliga formen för samarbetet, grupparbetet, fanns med redan på realskolans tid men nämns där mera en passant. Grundskoleläroplanerna behandlar grupparbetet mycket utförligare.

d) Den yttre verksamheten är ringa. Studiebesök har nämnts sedan 1935. Grundskoleläroplanerna har tillfört den praktiska yrkesorienteringen, PRYO (i Lgr 80 omdöpt till praktisk arbetslivsorientering, PRAO), men den är mera en förberedelse för gymnasievalet och yrkeslivet än ett medel att ge samhällsanknytningar till undervisningen.

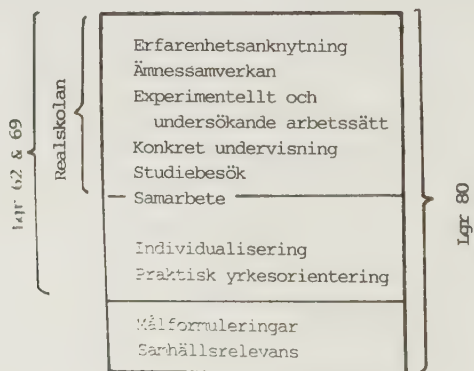
e) Det är intressant att notera, att de flesta av verksamhetsbeskrivningarna nämner, att undervisningens struktur skall vara mera inrik-

tad på fenomen och helheter än på traditionell ämnessystematik (1910, s 217; 1935, s 155; 1962, s 290; 1969, s 197; 1980, s 41-42). Jämför detta med de rekommenderade kursplanerna, där proportionerna mellan teori och tillämpning var ungefär lika delar (tabell 9.1). Viktigare är emellertid hur stoffet presenteras. Antingen kan teorin och systematiken komma först med tillämpningarna som konsekvenser, eller också är ordningsföljden den omvända. Vilket som är det vanligaste visar sig i läroboksanalysen.

f) I realskolan tränades eleverna i skriftlig framställning genom att de skulle skriva laborationsredogörelser. Detta nämns ej i Lgr 62 eller i Lgr 69. Ej heller nämns redogörelserna explicit i Lgr 80, men eftersom man i varje ämne skall träna eleverna i att läsa, skriva och räkna (Lgr 80, s 16), kommer kanske laborationsanteckningarna till heders igen - dock troligen ej som realskolans formaliserade redogörelser, utan mera som laborationsprotokoll.

g) En kuriositet är 1935 års notis om att eleverna kan tillverka fysikaliska apparater i slöjden (1935, s 156). 1927 kom en bok av H Nilsson och G H Gustafsson, betitlad "Fysik och slöjd". Därefter nämns ej slöjden bland de ämnen med vilka fysiken skall samverka förrän i supplementet till Lgr 69 (Supplement OÄH, 1969, s 7). Inte förrän 1978 kom "uppföljaren" till Nilsson & Gustafsson, nämligen Ehrnborg: "Samverkan mellan fysik och trä-och metallslöjd".

Avslutningsvis kan verksamhetsbeskrivningarna sammanfattas grovt som i figur 9.5.



Figur 9.5. Sammanfattning av skolformernas verksamhetsbeskrivningar, baserad på tabell 9.2

10. LÄROMEDEL: INNEHALLETS OMFANG

10.1. Innehållsredovisning av de undersökta läromedlen

I detta och de två följande kapitlen redovisar jag hur fysikstoffet tagit form i läromedlen. Jag följer analysmallen från kapitel 7. Resultaten sammanfattas och jämförs med stadgor/läroplansanalysens resultat i kapitel 13, som avslutar avhandlingens del II.

Analogt med tabell 1 i tabellbilagan går jag igenom de olika läroböckerna och gör en tabell för varje skolform och fysikalisk underavdelning. Jag redovisar hur många procent av skolformens läroböcker som behandlar respektive moment och får därigenom ett mått på vilken tonvikt som lagts på detta. Man måste dock vara medveten om ofullständigheterna i mätförfarandet. En invändning är att en sådan frekvensräkning är okänslig för huruvida momentet behandlas kortfattat eller utförligt. Det visar sig emellertid att framställningarna av ett visst moment är homogent över och inom skolformerna, och i den mån någon avvikelse föreligger så nämns det i texten nedan. En annan, och kanske allvarligare, invändning är att böckerna har sålts i olika omfattning och att procenttalen skulle ha blivit mera rättvisande, om de hade viktats med läroböckernas marknadsandelar. Tyvärr är det mycket svårt att få tillförlitliga uppgifter om speciellt de äldre läroböckernas marknadsandelar. Flera av förlagen har lagts ned eller gått upp i andra, och försäljningsstatistiken är kanske ej bevarad. Därför avstår jag från att försöka göra en sådan viktning.

Tabellerna är detaljerade. Ur varje tabell kan många intressanta slutsatser dras. Endast de slutsatser, som är relevanta för avhandlingens fortsättning, nämns nedan. För att det omfattande tabellmaterialet ej skall hacka sönder dessa kommentarer har jag samlat tabellerna i tabellbilagan. Där är de tabellerna 2-13.

ALLMÄN FYSIK OCH MÄTTEKNIK

De valda definitionerna och sambanden uppvisar en likartad bild genom läroplanerna. Att definiera längd och tid är väsentligt för att kunna definiera fart, acceleration och retardation, där dessa senare begrepp är fundamentala för mekaniken. Likaså hör massa, volym och densitet samman. Areabegreppet samt äldre tiders måttsystem förekommer däremot mera

sporadiskt. Möjligen överläts dessa åt matematikämnet, där ju åtminstone areabegreppet får en noggrann behandling.

Mätinstrumenten väljs inte lika homogent. I realskoleböckerna behandlas många olika instrument att mäta längd, tid, massa och volym med. Den sparsammaste redovisningen återfinns i böckerna från 1962 års grundskola. Därefter ökar åter andelen läroböcker som behandlar ett visst instrument. De instrument som behövs för laborationer - linjal, skjutmått, skruvmikrometer, brevvåg och mätglas - har hela tiden haft en framträdande plats. Metronomen, som tidigare använts som korttidsmätare, ersätts med tidtagaruret.

ALLMÄN MEKANIK

I realskolans tidigare skede får den allmänna mekaniken en praktisk inriktning. Med 1933 års läroverksstadga inleds en formalisering mot de newtonska rörelselagarna, som kulminerar i läroböckerna enligt Lgr 62. Här låg den "handfasta" mekaniken i årskurserna 7 och 8. I årskurs 9 läste endast vissa linjer fysik (9g, h, t, m, s). Där presenterades en formell mekanik, som förutom rörelselagarna ofta omfattade beräkningar av verkningsgrad, ibland impulslagen och - i ett fall - rak central stöt. I böckerna enligt Lgr 69 och Lgr 80 är formalismen mildrad. Exempelvis kan kraftekvationen formuleras kvalitativt: "Ju större kraft och ju mindre massa, desto större acceleration".

Relativistisk mekanik (speciella relativitetsteorin) har bara behandlats i en enda lärobok. Energi-mass-ekvivalensen har dock tagits upp av nästan alla grundskoleböcker, men då inom kärnfysiken som förklaring till den frigjorda energin i kärnprocesser och inte i ett relativistiskt perspektiv. Åtminstone den speciella relativitetsteorin, och även vissa detaljer i den allmänna, kan åskådliggöras i icke-matematiska termer. Trots detta har alltså inte relativitetsteorin behandlats, fastän den fått stor tillämpning, främst inom astronomin.

Definitionen av tryck som tryckkraft per areaenhet förekommer ej allmänt förrän i grundskoleläroböckerna, trots att luft- och vätsketryck behandlats ända sedan 1905. Det kan kanske verka förbryllande, men förklaringen ligger just i definitionen: de tidigare framställningarna skilde inte mellan tryck och tryckkraft. På liknande sätt förhåller det sig med dynamometern. Eftersom man inte höll isär vikt och tyngd, benämndes den ofta fjädervåg.

VÄTSKE- OCH GASMEKANIK

Läroplansanalysen har visat, att följsamheten mot fysikens och teknikens utveckling medfört en utvidgning av elektroniken, atomfysiken och astronomin. Några områden bör då rimligen lämna plats åt de nya momenten. Två sådana områden är gasmekaniken och - i synnerhet - vätskemekaniken. Omfattningen i Lgr 69:s och Lgr 80:s böcker är avsevärt mindre än tidigare. Arkimedes' lag, kommunicerande kärl och - framför allt - olika pumpar behandlades tidigare noggrant. Det var pumpar för gaser och vätskor, för laboratoriet och för hemmet. Eftersom den övervägande delen av eleverna numera får sitt vatten genom att vrida på en kran, så har kunskapen om pumparnas uppbyggnad mist sitt omedelbara värde. Kvar finns mätning av lufttryck och hydraulisk kraftöverföring. Dessutom behandlas flytande kroppar, men inte nödvändigtvis genom att explicit sättas i relation till Arkimedes' lag utan även som en experimentell konsekvens av att kroppen har mindre densitet än det omgivande mediet.

VÄRMELÄRA MED METEOROLOGI

Kalorimetrin nådde sin höjdpunkt i 1933 och 1962 års skolformer, där den fick en matematisk behandling. Även om efterföljande skolformers läroböcker diskuterar specifik värmekapacitivitet samt smält- och ångbildningsvärme, så behöver detta ej ske kvantitativt utan i utsagor av typen: "Det åtgår mera värmeenergi att höja temperaturen hos 100 g vatten lika mycket som hos 100 g sand", "All tillförd värmeenergi åtgår till att smälta isen, och därför stiger inte vattnets temperatur förrän all is har smält" och liknande.

Tillämpningarna är samma: termometrar och temperaturskalor, värmemotorer (i avtagande omfattning) och meteorologi. Meteorologin har behandlats ungefär likadant i alla läroböcker och utgör en kontaktyta mot geografins klimatlära.

ELEKTRICITETSLÄRA

De begrepp som läroboksförfattarna ansett vara relevanta för en systematisk framställning av elläran är samma i alla skolformer. Bakom den homogena fasaden döljer sig emellertid olika metoder att presentera begreppen. Dessa metoder redovisas i kapitel 11, avdelning 11.2, "Begreppsframställningar".

Tillämpningarna har genomgått både en förskjutning och en insnävning. Förskjutningen har skett från elektrostatik till elektrodynamik. De elektrostatiska tillämpningarna har mest historiskt intresse eller värde för laboratorieförsök, medan däremot användningen av batterier, ackumulatorer samt serie- och parallellkopplade lampor möter de flesta i vardagen. I samband med detta, och förmodligen också med utvecklingen av elektroniken, har kopplingssymboler och kopplingsscheman tagits upp i nästan alla grundskoleböcker. I realskolans böcker användes symboler i de flesta fall endast för galvaniska element.

Hela tiden har det bedömts vara centralt med information om elströmmens faror och användandet av säkringar i hemmens elektriska ledningssystem. Samtidigt har det tillämpningsområde som omfattar elströmmens ljus- och värmeverkningar snärvats in. Realskolans och den tidiga grundskolans böcker behandlar glödlampan, strykjärnet, elspisen och elkaminen. Av dessa återstår bara glödlampan i Lgr 80:s böcker, så när som på en bok som också redovisar elspisen.

MAGNETISM

De valda definitionerna och sambanden är likartade genom åren. Fältet kring en permanentmagnet behandlas hundraprocentigt. Man kan notera från elektricitetsläran, att en beskrivning av det elektriska fältet kring en laddning inte alls är så vanlig, och gravitationsfältet nämns endast i något enstaka fall. Naturligtvis är det magnetiska fältet enklast att konkretisera - har man en magnet, en pappskiva och en ströare med järnpulver så kan man knappast misslyckas. För att visa det elektriska fältet behövs en influensmaskin eller en bandgenerator. Gravitationsfältet måste i det allmänna fallet gås igenom teoretiskt. Det tycks dock medföra att magnetfältet behandlas som ett kuriosum i stället för att exempelvis leda till en systematisering av krafter i kontaktkrafter och fältkrafter.

Endast en lärobok har behandlat kraftverkan mellan parallella strömförande ledare, fastän det är ett fundamentalförsök för att definiera SI-enheten 1 ampere. Läroboken ifråga gör ej denna definition! Äldre läroböcker relaterar 1 ampere till elektrolytisk metallutfällning, och nyare läroböcker definierar ej enheten utan påtalar bara dess existens.

Det sker en minskning av antalet tillämpningar som endast används i fysiklaboratoriet. Amperemetern och voltmeteren nämns visserligen allmänt hela tiden, eftersom mätning av ström och spänning är en viktig del av elektricitetslärans försök, men instrumentens inre uppbyggnad bedöms

ej vara så väsentlig. Likaså får gnistinduktorn en sparsam behandling i grundskolans läroböcker. Den användes tidigare till att driva katodstrålerör och röntgenrör, men dessa experiment är numera förbjudna på grund av de strålningsmängder som avges. En gnistinduktor i vardagslivet är tändspolen i en förbränningsmotor. Tabellen visar, att när gnistinduktorn går ut, så går tändspolen in.

ELEKTRONIK

Följsamheten mot elektronikens utveckling har varit god. Redan de läroböcker, som skrevs runt 1915, redogjorde för "trådlös telegrafering", i detta fall gnisttelegrafering. Televisionen behandlas första gången i en lärobok som utgavs 1957, samma år som Sveriges Radio började sina reguljära TV-sändningar.

Med 1962 års grundskola kom halvledarkomponenterna in på allvar och trängde gradvis ut elektronrören. Alla böcker inom Lgr 69 tar upp elektron-hål-teorin och dopning, men en av Lgr 80-böckerna utelämnar detta och behandlar elektroniken som komponentkunskap. Lgr 80-böckerna nämner även datorer, integrerade kretsar och video samt - vilket redovisas under akustik - digitala grammofonskivor.

OPTIK

Optiken ger inte upphov till många kommentarer. Tabellen 10 talar för sig själv: samma begrepp och i stort samma tillämpningar från 1905 och framåt. Hägringar och luftspeglingar har försvunnit (i takt med den allt grumligare atmosfären?), laser och fiberoptik har kommit.

Läran om ljuset kan anknytas till biologins framställning av synen. De flesta läroböcker behandlar ögats konstruktion (med tonvikten lagd vid de ljusbrytande egenskaperna), översynthet och närsynthet samt hur dessa synfel korrigeras. Lägsta andelen har böckerna inom Lgr 69, 60 %.

AKUSTIK

Kursplaneförslaget i 1905 års läroverksstadga anger "enkla försök rörande ljudet, i den mån tiden medger" (1910, s 226). Motsvarande kursplaneförslag i Lgr 62 kopplar ihop akustik med ellära med formuleringen "Ovanstående moment /ellära och magnetism/ kan med fördel repeteras utgående från telefonen, högtalaren, skivspelaren och bandspelaren. Sam-

tidigt genomgås något om ljudets natur och egenskaper." (Lgr 62, s 290) I läroböckerna inom 1905 års stadga har akustiken ändå inte satts på undantag. Strukturen av begrepp och tillämpningar är samma som i efterföljande realskoleböcker, med naturliga undantag för högtalare, bandspelare och ljudfilm.

Däremot visar böckerna inom Lgr 62 följsamhet mot kursplaneförslaget. De ljudöverförande och ljudbevarande apparaterna nämns i de flesta böcker. Andelen sjunker i efterföljande läroplaner. Där de behandlas, sker det dock med aktuella tillämpningar. Bakom beteckningarna döljer sig i Lgr 80 bl a Diavox-telefon, stereoinspelning och bärbara "ljudmaskiner".

De flesta läroböckerna behandlade ögat i anslutning till optiken. Örats uppbyggnad, likaväl som talorganet, tas däremot upp i betydligt färre böcker. Här är alltså anknytningen till biologiämnet svagare.

ATOM- OCH KÄRNFYSIK

Jämte elektroniken är atom- och kärnfysiken det område inom den undersökta delen av fysikundervisningen som expanderat kraftigast. Tidsfördröjningen är dock större. Som påtalades i avdelning 9.4 är flertalet av de behandlade begreppen från atomfysikens barndom.

När de tidigare realskoleböckerna inom 1933 års stadga tar upp en atommodell är det för att kunna förklara fenomen inom elektricitetsläran. I två böcker från 1960 och 1962 finns kapitlen "Några drag ur den moderna fysiken" respektive "Hur atomenergi utnyttjas". Först med grundskolan blir atomfysiken en särskild del av fysikkursen.

Pionjärerna inom forskningen kring radioaktivitet, Becquerel samt makarna Curie, omnämns i de flesta böcker inom Lgr 62, men inte så ofta i de efterföljande. Inte heller användningen av radioaktiva isotoper inom sjukvård, industri och jordbruk får en heltäckande behandling, vilket däremot kärnvapen och fissionsreaktorn får. Det är ändå vardagens atom- och kärnfysik som penetreras. Fysikerns arbetsredskap - spektralanalys, detektorer och acceleratorer - nämns i mindre omfattning. Undantaget är GM-röret, vilket är den detektor som mest används i grundskolans fysikundervisning.

ASTRONOMI

Av de fyra undersökta läroböckerna inom 1905 års stadga tar endast en

upp astronomi. Ett skäl till detta kan vara, att undervisningsplanen rekommenderar att undervisningen i detta område byggs upp kring observationer i stället för kring bokliga studier:

"Vid undervisningen i astronomi bör det grundläggande vara den direkta iakttagelsen af företeelserna på himlahalvvet. Först sedan genom sådana iakttagelser, planmässigt utförda vid lämpliga tillfällen dels af lärare och lärjungar gemensamt, dels af de senare hvar för sig, under användning tillika af lämplig åskådningsmateriel, såsom stjärnkartor och glober, ett tillräckligt mått af erfarenhetskunskap blifvit förvärfvadt, är det lämpligt att öfvergå till företeelsernas förklaring från heliocentrisk synpunkt." (1910, s 226)

I de senare läroverksstadgornas läroböcker har astronomin etablerats. De metodiska anvisningarna från 1935 mildrar uppmaningen till observationer med orden "Så långt förhållandena medgiva ..." och anvisar en alternativ metodik, där kanske behovet av en lärobok är större:

"Vid undervisningen i astronomi kan man i metodiskt avseende förfara på olika sätt. Antingen inledes kursen med direkta iakttagelser av företeelserna på himlavalvet, varefter deras förklaring på grundvalen av den heliocentriska uppfattningen av solsystemet följer, eller också utgår man från den heliocentriska uppfattningen, varvid man torde kunna anknyta till kunskaper, som lärjungarna inhämtat bl. a. vid undervisningen i geografi, och övergår därefter till en såvitt möjligt på direkta iakttagelser grundad framställning av företeelserna, sådana de se sig från jorden." (1935, s 158)

I de efterföljande metodiska anvisningarna från 1955 och 1958 specificeras noggrant vilka företeelser som bör ingå i lärokursen och avslutas:

"I den utsträckning det är möjligt bör lärjungarna beredas tillfälle att göra enkla astronomiska observationer." (1955b, s 140; 1958, s 376)

Lgr 62 anger astronomiska observationer i en lista över förslag till överkursuppgifter (s 292). I supplementet "Orienteringsämnen - högstadiet" till Lgr 69 nämns "Kvällsexkursion med observationer" som ett moment i arbetsområdet Fy 10: Astronomi (s 72). Lgr 80, slutligen, anger "astronomiska observationer" som ett huvudmoment (s 117). I 1955 års metodiska anvisningar och fram till dags dato har dock observationerna mist sin ställning som grund för astronomistudierna och blivit ett kompletterande moment i stället.

Läroböckernas framställning av astronomin är enahanda. Först studeras månen och jorden, därefter resten av solsystemet, varefter sker en utvidgning till Vintergatans struktur. Redan i böckerna inom 1933 års stadga fortsätter utblicken i universum med en redogörelse för galaxgrannarna.

Framstegen inom rymdtekniken behandlas med ringa tidsfördröjning och ingår i nästan alla grundskoleböcker. Neutronstjärnor, svarta hål och kvasarar nämns också i en del av de nyaste. Den historiska återblicken

på äldre tiders världsbilder har däremot endast tagits upp i totalt ca hälften av läroböckerna.

10.2. Teknikämnet i Lgr 80

Redovisningen av innehållet i Lgr 80:s fysikböcker ger inte hela bilden av fysikämnets innehåll. I Lgr 80 utökades den naturorienterande undervisningen med två stadieveckotimmar teknik. Läroplanen innehåller inga formuleringar som är direkt adresserade till teknikämnet, men ur målformuleringarna för de naturorienterande ämnena kan citeras:

"Eleverna skall få kunskaper om den tekniska utvecklingen ... en orientering om olika arbetsmiljöer, industrier och tillverkningsprocesser ...

Eleverna skall ges möjlighet att träna sådana vardagsfärdigheter som är viktiga för dem som konsumenter både då det gäller varor och hushållning med naturresurser. De skall i praktiskt arbete och i samverkan med hemkunskap lära sig klara göromål i hemmet och skolan, klara av enklare reparationer och förbättringar. De skall känna till hur vanliga tekniska hjälpmedel är konstruerade och praktiskt lära sig hur man använder dem." (Lgr 80, s 115)

De fem läromedel i teknik som utkommit 1985 visar ej en helt enhetlig behandling av stoffet. Det är överskådligast att katalogisera fysik-tillämpningarna i varje bok för sig.

Blomqvist, P & Wahlström, T. 1981: **Teknik för högstadiet**. Stockholm: Almqvist & Wiksell

Tillverkning av elmotor: likströmsmotor, synkronmotor, asynkronmotor

El i hemmet: överföring av elektrisk energi, elcentral och kilowattmätare, elsäkerhet, säkringar och propbyte. Byte av sladdströmbrytare, lamphållare, Vägguttag och väggströmbrytare. Tillverkning av ledningsprovare. Brödrosten. Tvättmaskinen. Tillverkning av ett programverk.

Klockans mekaniska konstruktion. Kopplingsur

Elproduktion. Tillverkning av vattenturbin med cykeldynamo

Tillverkning av solugn, vågenergiboj, vindgenerator

Stereo

Datorn

Tillverkning av kopianator

Dunfalk, L, Berggren, B & Bäckström, J. 1981: **System 82. Teknik, högstadiet**. Stockholm: Esselte Studium

Bostadens värme- och ventilationssystem, förr och nu

Batterier och ackumulatorer av olika typer

Kopplingsschema. Strömkrets. Ledningsprovare

Elektroniska komponenter: motstånd, kondensator, diod, transistor, IC- och LSI-kretsar, mikroprocessor, kretskort

Telefonapparaten

Musikanläggningen. Skivspelaren. Bandspelaren och bandkassetten. Förstärkaren och högtalaren

Olika kontakter

Radiovågor och antenner

Starkströmsinstallation. Förlängningssladden. Elsäkerhet, säkringar, S-märkning. Byte av vägguttag och strömställare

Cykeln. Mopeden. Bilen

Eriksson, F, Arvidsson, K & Gustafsson, K-E. 1981: **Teknik. NO - Människans verksamhet.** Malmö: Interskol

Elarbeten i hemmet: byte av säkring, byte av stickpropp. Elsäkerhet. S-märkning
Musikanläggningen: skivspelare, radioenhet och förstärkare, högtalare, hörlurar, bandspelare

TV-mottagare. Video. TV-skivspelare. Satellit-TV, datavision, text-TV

Persondator. Datorn, människan och samhället

Mopedmotor

Överföring av elektrisk energi

Karlsson, B & Sjöberg, L. 1981: **Teknikboken. Högstadiet. Faktabok.** Stockholm: Esselte Studium

Kopplingsschema. Resistor, kondensator, diod, transistor, integrerade kretsar, kretskort
Hemmets elanläggning. Elsäkerhet, proppar. Belysning. Montering av stickpropp och sladdströmbrytare

Elspis, köksfläkt, kylskåp, tvättmaskin, dammsugare

Överföring av radio- och TV-sändningar

Musikanläggningen: skivspelaren, bandspelaren, förstärkaren, hörtelefonen och högtalaren
Telefonen

Kameran. Fotografering. Framkallning och kopiering

Energiproduktion och energiförsörjning. Alternativa energikällor

Datortomografi. Laseroperationer

Cykeln. Mopeden. Bilen. Båtar. Ballonger, luftskepp och flygplan. Raketer

Datorn i industrin

Palazzi, P, Stenervik, S & Ståhl, J. 1981: **Teknik för dig.** Malmö: Liber Läromedel

Elektrisk laddning. Ström, spänning, resistans. Kopplingsschema

Resistor, fotoresistor, termistor, transistor

Relä

Datorer

Elektriska larmanläggningar

Termostater

Energi och energiomvandlingar

Buller. Bullermätning. Ljudisolering

Raketer och rymdfärder. Reaktionsmotorer och raketmotorer

Till fysikbäckernas stoff får alltså läggas en hel del tillämpningar från teknikämnet. Främst är det hemmets elektriska ledningssystem samt hemmets elektriska och elektroniska apparater, dvs tillämpningar på el-lära och elektronik. En hel del tillämpningar inom energiteknik och samfärdsel finns också. Däremot är det inte klart om läroboken är lika styrande i teknikämnet som i fysikämnet. Teknikämnet är nytt som obligatoriskt ämne och har ingen tradition att falla tillbaka på. I stället finns konkurrerande traditioner från tillvalsämnet teknik i Lgr 69 och från de tekniska specialämnena i Lgr 62. Dessa var mera orienterade mot teknisk produktion än orientering (Lgr 62, s 363-367, 385-393; Lgr 69, s 211-214).

10.3. Sammanfattning

DEFINITIONER OCH SAMBAND

Definitionerna och sambanden utgör den vetenskapliga strukturen i framställningen och är förklaringsgrunden till fenomenen och tillämpningarna. Den omfattar en rad centrala begrepp, vilka i stort varit samma i de undersökta skolformerna. Förändringarna har varit

- inom mekaniken och värmeläran, som först gått mot en ökad formalisering som medger en matematisk behandling men sedan, i och med Lgr 69, åter fått en mindre stringent inriktning;
- inom elektroniken, där elektron-hål-teorin för halvledare började förekomma allmänt med Lgr 62;
- inom atom- och kärnfysiken, som även den med Lgr 62 blev en särskild del av den grundläggande fysikundervisningen.

FENOMEN OCH TILLÄMPNINGAR

Läroplansanalysen visar, att tillämpningarnas tyngdpunkt bör ha förskjutits från mekanik och elektrostatik mot elektrodynamik, elektronik och atomfysik. Detta konfirmeras av läroböckerna. Tillämpningarna kan indelas i tillämpningar för fysikundervisning och tillämpningar för vardagsbruk. I relation till ämnets målformuleringar bör de sistnämnda vara intressantast att diskutera.

a) Tillämpningarna av idé- och teknikhistoriskt värde finner allt mindre utrymme. Exempel på sådana tillämpningar som försvinner är:

- äldre mätinstrument för vikt;
- äldre kommunikationsmedel;
- ångmaskiner;
- pionjärernas arbeten, ex vis von Guericke, Volta och Galvani, Ørsted och Faraday, Becquerel och makarna Curie, Marconi, Fermis Manhattanprojekt;
- äldre tiders världsbilder.

Den sista - eller, förhoppningsvis, senaste - lärobok som hade ambitionen att fylligt belysa fysikhistorien var Beckmans och Magnussons lärobok för Lgr 62.

b) Aktuella tillämpningar återfinns närmast i de expanderande grenarna elektronik, atom- och kärnfysik samt astronomi. Vilka dessa till-

lämpningar är här redovisats vid detaljgranskningen i avdelning 10.1. Sammantaget kan följsamheten anses god.

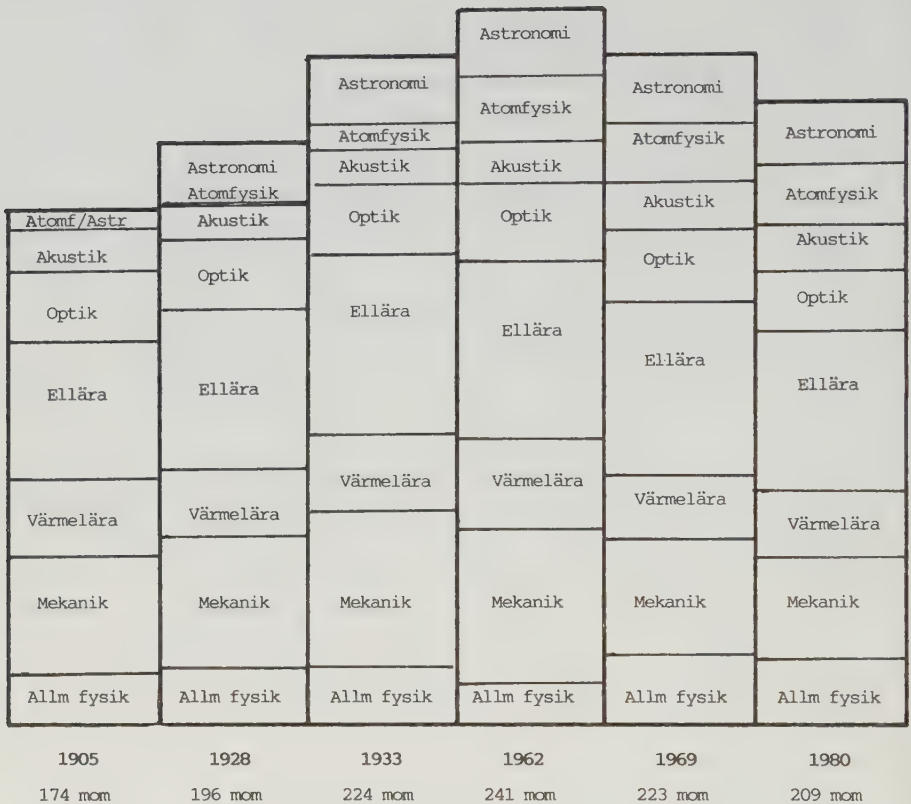
c) Anknytningarna till andra ämnen är få. De ovan berörda historiska tillämpningarna kunde t ex ha bistått historieämnets behandling av industrialismens framväxt. De anknytningar som existerar i större eller mindre andel är ögat, örat och talorganet med koppling till biologin. Meteorologin och astronomin beskrivning av jorden anknyter till geografien. I och med att teknikämnet är obligatoriskt i Lgr 80 kan man finna kontaktytor mellan fysik och teknik.

Observera att anknytningarna till andra ämnen kan vara större än vad som här visas. Jag har bara studerat kopplingen på ena hållet, dvs andra ämnesmoment i fysikböckerna. Lika väl kan ju andra läroböcker innehålla kopplingar till fysik, men dessa har jag ej letat efter. Det är en begränsningsfråga. En undersökning av kopplingarna på det andra hållet skulle i princip ha krävt en med fysikämnet likartad kartläggning av de flesta andra ämnens kursbeskrivningar i stadgor/läroplaner samt fullständiga läromedelsexaminationer. I stället har jag förmodat att de andra ämnena är isolerade i ungefär samma grad som fysikämnet, så att jag inte skulle förvänta mig särskilt många kontaktytor. Denna förmodan är dock en svag punkt i resonemanget.

KURSUMFÅNGETS OMFATTNING

I avdelning 9.4 studerades kursomfångets omfattning i stadgor och läroplaner med kommentardelar, som det redovisades i tabell 1, tabellbilagan. Antalet moment räknades och redovisades i figur 9.2 samt sattes i relation till antalet undervisningstimmar i figurerna 9.3 och 9.4.

Jag gör nu motsvarande redovisning för läromedlens stoffframställning. För varje skolform räknar jag ut medelantalet moment, som de däri ingående läromedlen behandlar. Summan redovisas i figur 10.1, som kan jämföras med figur 9.2. Man måste då beakta, att i läroplansfiguren är inte 1928 och 1980 medtagna, medan i gengäld den senare realskolan är uppdelad i tre staplar. I figur 10.1 är 1928 och 1980 medtagna, men samtliga läromedel inom 1933 års stadga är sammanslagna till en stapel. Vidare är tabellerna 2-13 i tabellbilagan, vilka bildar underlag för figur 10.1, mera finstrukturerade än tabell 1. Sammanlagda antalet moment blir således skenbarligen större för läromedlen än för stadgor och läroplaner, men det är inte intressant - den relevanta jämförelsefaktorn är staplarnas höjder i förhållande till varandra inom respektive figur.



Figur 10.1. Medelantalet moment i läromedlen

Man noterar, att läromedlens stoff (figur 10.1) uppvisar en jämnare profil än läroplanernas (figur 9.2). Största skillnaden är mellan 1905 och 1962 års läromedel, där antalet moment ökat med 39 %. I stadgornas kursförslag innehöll däremot den omfångsrikaste planen, 1958, 110 % fler moment än den minsta, 1905. Två slutsatser kan omedelbart dras därur. För det första byggdes 1905 års läroböcker upp mera omfattande än vad kursförslagen rekommenderade. Som visats i avdelning 10.1, så fanns större delen av 1980 års stoff redan med i böckerna från 1905. Den andra slutsatsen är, att övergången från urvalsskola till sammanhållen skola inte medförde någon minskning av lärostoffet, utan tvärtom en ökning. En diskussion av orsakerna till detta återkommer i kapitel 14.

Ett annat intryck av figur 10.1 är, att ämnesområdenas inbördes storlekar i huvudsak är oförändrade genom åren. Mekanik, ellära, värme- lära med meteorologi samt optik har varit stora hela tiden, medan aku-

	Astronomi				
	Atomfysik				
	Akustik				
	Optik	Astronomi	Astronomi		
		Atomfysik	Atomfysik		
Astr/Atomf		Akustik			
Akustik	Ellära	Optik	Akustik	Astronomi	Astronomi
Optik			Optik	Atomfysik	Atomfysik
				Akustik	Akustik
Ellära		Ellära	Ellära	Optik	Optik
	Värmelära			Ellära	Ellära
Värmelära		Värmelära	Värmelära		
				Värmelära	Värmelära
Mekanik	Mekanik	Mekanik	Mekanik	Mekanik	Mekanik
Allm fysik	Allm fysik	Allm fysik	Allm fysik	Allm fysik	Allm fysik
			Allm fysik		
1905	1928	1933	1962	1969	1980
174 mom	196 mom	224 mom	241 mom	223 mom	209 mom
5 vtr	7 vtr	6 vtr	6 vtr	5 vtr	5 vtr
1,1 utr/mom	1,4 utr/mom	1,0 utr/mom	0,95 utr/mom	0,85 utr/mom	0,91 utr/mom

Figur 10.2. Medelantalet moment i läromedlen, satt i relation till det föreskrivna antalet undervisningstimmar

stiken alltid fått liten andel. Om något moment har utgått, så har ett nytt fått ta dess plats - en slutsats som styrks av tabellerna 2-13. Överväganden om områdenas inbördes vikt har, om sådana över huvud taget skett, inte lett till någon förändring.

I Lgr 69 sker en minskning av stoffmängden. Är det en reell minskning? Antalet stadieveckotimmar minskade ju samtidigt från sex till fem. Antag, att en lärare hade satt sig före att hinna igenom alla lärobokens moment i undervisningen. Vilka blev tidsramarna? I analogi med figur 9.3

sätts medelantalet moment i läromedlen i relation till antalet undervisningstimmar. På samma sätt är antalet undervisningstimmar beräknat efter 38 undervisningsveckor. Resultatet visas i figur 10.2. Intrycket blir, att grundskoleläraren måste jäkta sig och sina elever mera än realskoleläraren, och dagens grundskolelärare mera än för tjugo år sedan. En minskning av stoffets omfattning med 7 % från 1962 till 1969 och med 13 % från 1962 till 1980 kan inte kompensera en minskning av undervisningstiden med 17 %. Resultatet är en uppenbar stoffträngsel.

Avslutningsvis kan en fördelning mellan teori (definitioner och samband) och tillämpning (fenomen och tillämpningar) räknas fram för läromedlen, precis som det gjordes i tabell 9.1 för stadgor och läroplaner. Detta visas i tabell 10.1. Tendenserna är samma som i tabell 9.1. Som nämnts ovan är speciellt tillämpningsdelen mera finstrukturerad i läromedlen, varför fördelningen teori/tillämpning där snarare är 33/67 än 50/50, men det relevanta är att proportionstalen inom ett fysikområde är stabila över tiden. Grundskolans fysik är ej mera fenomeninriktad än realskolans, och förutom atomfysiken - som byggs upp och får självständig status - så ökar andelen teori i mekaniken och optiken från realskolan till grundskolan.

Tabell 10.1. Procentuell fördelning mellan teori (definitioner och samband) och tillämpning (särskilda fenomen och tillämpningar) i läromedlen

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Allmän fysik	37/63	42/58	48/52	48/52	38/62	42/58
Mekanik	37/63	35/65	33/67	36/64	42/58	41/59
Värmelära	23/77	25/75	23/77	23/77	30/70	24/76
Ellära	35/65	31/69	31/69	31/69	31/69	33/67
Optik	38/62	40/60	38/62	39/61	45/55	43/57
Akustik	45/55	50/50	43/57	37/63	38/62	41/59
Atomfysik	(25/75)	(0/100)	51/49	42/58	49/51	49/51

11. LÄROMEDLEN: INNEHALLETS FRAMSTÄLLNING

11.1. Framställningens inriktning

I kapitel 7 delade jag in läroböckernas framställningar i två huvudkategorier, fenomeninriktad respektive disciplininriktad. När ett stoff framställs fenomeninriktat är fenomenvalet överordnat den vetenskapliga ämnesstrukturen. Det behöver inte betyda att fenomenen väljs utan inbördes sammanhang, men sammanhanget är ej "ellära", "optik", ... utan något helt annat system är grunden för valet, exempelvis "bostadens försörjning av vatten, värme och el", "överföring och bevarande av ljud och bild", ... Med denna definition är inte något av de undersökta läromedlen entydigt fenomeninriktade. Alla, från sekelskiftet och framåt, bör klassas som disciplininriktade. Vetenskapens fysik områden har bildat mönster för lärostoffets framställning. Men de två kategorierna representerar ytterligheter, och det kan finnas läromedel som är fenomeninriktade inom ämnessystematiken.

Jag har funnit två sådana läromedel. Det är nästan sextio år mellan dem, ty det ena utgavs 1917 och det andra 1973-75. De förtjänar en särskild beskrivning.

Den tidiga boken är

Lohmander, C L. 1917: Fysik

I. Mätning och vägning. Jämvikt och rörelse. Värmet.

II. Magnetismen och elektriciteten. Ljuset. Ljudet.

Stockholm: Magn Bergvalls förlag

Stoffstruktureringen framgår av de båda delarnas rubricering, dvs den vanliga indelningen efter fysikområden. Inom systematiken utgår författaren emellertid ofta från tillämpningar. Vissa områden är traditionellt upplagda, men andra vardagsnära moment får en osedvanligt noggrann behandling. Exempel på sådana är:

- olika typer av vågar (balansvåg, brevvåg, fjädervåg, besman och pyndare, decimalvåg);

- pumpar och vattenverk;

- flygplan, ballonger och luftskepp;

- bostäders uppvärmning;

- väderlek och klimat;

- värmemotorer (särskilt ångmaskinen);

- ringledningssystemet i en bostad (nummertavla);
 - telefonen och telefonstationen;
 - generatoren och elmotorn, elmotorn i industri, jordbruk och hus-håll, den elektriska kraftstationen och överföringen av elektrisk energi, elektriciteten i samfärdseln (spårvägar, järnvägar, elektriska bilar);
 - elektrokemisk industri.
- Denna lärobok ingår i undersökningarna i kapitlen 10, 11 och 12.

Vi tar nu ett långt hopp till Lgr 69 och redovisar

Ahlström, K-G, Ek, B, Lindskoug, I & Sjöqvist, B: UNO. Fysik
 1973: Elevens bok + UNO-boken, åk 7
 1974: Elevens bok + UNO-boken, åk 8
 1975: Elevens bok + UNO-boken, åk 9
 Stockholm: Liber Läromedel

Den bästa presentationen av läromedlet tror jag Åstadkoms, om jag citerar delar av förordet till "Elevens bok" för åk 7 (s 3):

"Genom tre årskurser ger UNO-serien systematiskt underlag för en undervisning som avser att leda till följande övergripande NO-mål:

A Kunskap om

- naturvetenskapernas betydelse för teknik och samhällsutveckling
- naturvetenskapernas idévärld, baserad på begreppsbildning och modelltänkande
- väsentliga naturvetenskapliga sammanhang av typen orsak-verkan, samspel etc
- ett naturvetenskapligt arbetssätt

B En attityd

- av förundran, respekt och nyfikenhet för naturens komplexibilitet
- av insikt om att alla sanningar ännu inte är funna utan att fältet ligger fritt för egna insatser
- som innebär att man kritiskt granskar, ifrågasätter, själv undersöker, själv söker frågeställningar, själv "forskar"

C Träning i

- att handha enkel laboratorieutrustning
- att självständigt och i grupp utföra enkla forskningsuppgifter
- att sammanfatta och redovisa inhämtade kunskaper och vunna forskningsresultat

...

Materialet består i huvudsak av ämnesbundna arbetsområden. För att eleverna inte skall uppleva sig studera tre helt separata ämnen har vi dock i stoffurval och val av problemställningar försökt skapa bryggor mellan NO-ämnena. Eleverna bör uppleva att de studerar NO, att de får kunskap om naturen och omvärlden snarare än att de studerar fysik, biologi och kemi.

Överbryggningsen sker bl a genom att studierna grupperas kring ett gemensamt tema för varje årskurs, nämligen

Åk 7: Samspelet i naturen

Åk 8: Hur naturen utnyttjas

Åk 9: Människan och livsmiljön

I introduktioner och sammanfattningar anknyts till det gemensamma temat och sätts de ämnesbundna studierna in i ett större NO-sammanhang. ..."

Innehållet i fysikböckerna har denna indelning:

Åk 7: Jorden och universum

När krafter verkar
Energi
Vad är väder?

Åk 8: Värme och kyla

Att undersöka den elektriska strömmen
Att mäta elektricitet
Den elektriska energin
Ljus och mörker

Åk 9: Information från omvärlden

Elektronik
Ljudåtergivning
Radioaktiv strålning
Livsmiljö för framtiden

Uppläggningsen är, som framgår, icke-traditionell. Den vanligen inledande mättekniken saknas. Den allmänna mekaniken är nedtonad, medan gas- och vätskemekaniken saknas nästan helt. Även den traditionella likströmsläran är reducerad. Framställningen är i stället centrerad kring energibegreppet och olika energikällor. Läromedlet är inriktat på att knyta fysiken till människan och samhället.

Vi kan jämföra läromedlets målformuleringar med karakteristika för "första vågens" och "andra vågens" läromedel, kapitel 2, som de är listade i tabell 2.1. Inriktningen mot process samt den vardagsrelevanta och tematiska framställningen av stoffet pekar på att läromedlet närmast kan klassas som "andra vågens".

Jag har inte tagit med läromedlet i de tabellmässiga redovisningarna i kapitlen 10, 11 och 12. De där använda struktureringsmallarna gör det inte rättvisa.

11.2. Begreppsframställningar

Vi går nu vidare till de andra läromedlen. Den teorikärna som jag kallat "definitioner och samband" består till större delen av definitioner av begrepp, som är centrala för att kunna bygga upp en förklaringsgrund. De flesta av dessa begrepp definieras på samma sätt i alla fysikböcker. En del av dem får emellertid olika framställningar, och dessa kan ge information om olika tiders definitioner, graden av fysikalisk stringens, olika inriktningar på framställningen av ett helt område o dyl. Här redo-

visas olika framställningar av begreppen

- massa;
- kraft;
- arbete;
- energi;
- elektrisk laddning, spänning, ström och ledningsförmåga;
- magnetisk kraftverkan;
- växelverkan mellan magnetfält och strömförande ledare.

MASSA

Begreppet "massa" ("vikt") beskrivs på fyra sätt.

1. **Tung massa:** Den tunga massan är ett mått på en kropps förmåga att påverkas av jordens dragningskraft - ex vis att dra ut en spiral-fjäder, i vilken kroppen är upphängd.

2. **Trög massa:** En kropps tröga massa är en dynamisk storhet, som mäter kroppens motstånd mot ändringar i dess rörelsetillstånd.

Det finns ingenting i den klassiska fysiken som säger, att den tunga och den tröga massan är lika. Experiment inom den klassiska fysikens ram visar att de är proportionella, och med lämpligt val av enheter kan de sättas lika. Ur ekvivalensprincipen, som Einstein formulerade i sin allmänna relativitetsteori, följer däremot en lokal ekvivalens mellan tung och trög massa (Rosser, 1971, s 7, s 437-441; Weidner & Sells, 1967, s 395-397; Russell, 1962, s 113-127).

3. **Materiamängd:** En kropps massa är ett mått på den mängd materia som kroppen innehåller.

Denna definition är ej invändningsfri i relativitetsteorin. En kropp som är i rörelse relativt en observatör mäts av honom ha en större massa än om den låg stilla. Om man ersätter "massa" med "vilomassa" har man kommit en bit på vägen, men definitionen är ändå inte heltäckande. Enligt mass-energi-ekvivalensen ökar exempelvis vilomassan, om kroppen värms upp.

4. **Odefinierad:** Massa är en egenskap hos kroppar, som är så välkänd att den inte behöver definieras.

De olika definitionerna av massa fördelar sig inom skolformerna som tabell 11.1 visar. I och med 1933 års realskola blir materiamängddefinitionen den dominerande. Bakom detta ligger troligtvis inte några funderingar om Newtons mekanik kontra Einsteins relativitetsteori. Snarare skall det ses som ett utslag av de formaliseringssträvanden inom mekani-

Tabell 11.1. Fördelning av olika sätt att definiera "massa" ("vikt"). Tabellen anger antal läroböcker i kategorierna

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Tung massa	0	1	2	0	1	0
Trög massa	3	0	0	0	0	0
Materiamängd	0	1	4	7	6	3
Odefinierad	1	0	1	1	1	1
Både tung massa och materiamängd	0	1	0	0	0	0
Både trög massa och materiamängd	0	0	1	1	1	0
Både odefinierad och materiamängd	0	0	0	0	1	1

ken som påtalats i kap 10. I vardagsspråket talar man om en kropps vikt, medan fysikens lagar innehåller begreppet massa. Tidigare var detta två skilda begrepp. Vikt sattes lika med tyngd, dvs en kraft, medan massa definierades på endera av sätten ovan. I 1934 års lag om mått och vikt likställdes vikt och massa. Med formaliseringen av mekaniken och betoningen av Newtons rörelselagar var det då naturligt att definiera massa som materiamängd, vilket är Newtons definition. (Bonniers lexikon, del 9, 1966, sp 934; del 15, 1967, sp 358; Ohlson, 1986, s 9-10)

Noteras kan, att fem läroböcker väljer att låta bli att alls definiera massa, medan två böcker (två upplagor av samma läromedel) introducerar massa odefinierat för att senare införa den som ett mått på materiamängd.

KRAFT

Även begreppet "kraft" har fyra framställningar:

1. **Dynamisk definition:** En kraft är något som kan accelerera, retardera eller deformera en kropp eller ändra dess rörelseriktning.

Detta är den fysikaliskt mest fullständiga definitionen. Andra framställningar finns också:

2. **Partiell dynamisk definition:** En kraft är något som kan sträcka ut en spiral fjäder.

3. **Referensdefinition:** Ett introducerande exempel på kraft är tyngdkraften, som drar alla kroppar mot jordens medelpunkt. Andra krafter verkningar jämförs med tyngdkraften.

4. **Odefinierad:** Kraft används om odefinierad påverkan. Begreppet görs bekant för eleven genom exemplifieringar: föremål som kolliderar, magneter som stöter från varandra etc.

Tabell 11.2. Fördelning av olika sätt att definiera "kraft". Tabellen anger antal läroböcker i kategorierna

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Dynamisk	4	1	5	4	4	0
Partiell	0	0	0	1	3	2
Referens	0	0	2	0	0	0
Odefinierad	0	0	0	1	0	1
Partiell, sedan dynamisk	0	1	1	2	1	0
Referens, sedan dynamisk	0	1	0	1	0	0
Odefinierad, sedan dynamisk	0	0	0	0	2	2

Tabell 11.2 visar hur framställningarna fördelar sig. Den dynamiska definitionen är den vanligaste. Dels förekommer den ensam, dels används den i kombination med de andra definitionerna. Möjligen kan tabellen antyda att författarna kostade på sig lösligare definitioner i Lgr 69 och Lgr 80, där formaliseringen och den matematiska behandlingen av mekaniken avtog.

Om definitionerna av massa och kraft noteras tillsammans finner man den högsta frekvensen hos kombinationen materiamängd-dynamisk definition. Tung massa kombineras med referensdefinitionen av kraft i tre böcker, vilket kan vara en konsekvens av att man inte skilde mellan vikt och tyngd. Trög massa hänger logiskt samman med en dynamisk kraftdefinition, och denna koppling finns i fem böcker. Tre av dem är från 1905 års realskola.

ARBETE OCH ENERGI

Samstämmigheten är stor i hur "arbete" och "energi" definieras, men en viss variation finns. Det kan vara svårt att klargöra vad som menas med fysikaliskt arbete, eftersom detta i vissa situationer skiljer sig från den intuitiva uppfattningen av arbete. Exempelvis är det ej ett fysikaliskt arbete att bära på en väska, om man promenerar på en plan väg, så länge man inte svänger väskan fram och tillbaka. Att införa begreppet för första gången blir då en svår avvägning mellan intuition och stringens. Fyra definitioner av arbete förekommer.

1. **Kraft och förflyttning:** Ett arbete uträttas, när man använder (eller övervinner) en kraft för att flytta ett föremål.

Denna kvalitativa definition är den som närmast ansluter sig till den fysikaliska definitionen

Tabell 11.3. Fördelning av olika sätt att definiera "arbete". Tabellen anger antal läroböcker i kategorierna

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Kraft och förflyttning	2	3	7	7	3	2
Kraft och förflyttning i kraftens riktning	0	0	0	1	1	0
Kraft	0	0	0	0	1	0
Formel	2	0	1	1	5	2

$$W_{1 \rightarrow 2} = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

men fallet när kraft och förflyttning är vinkelräta är ej omedelbart klart, utan måste diskuteras vidare. Ett sätt att slippa ifrån diskussionen är nästa definition.

2. Kraft och förflyttning i kraftens riktning: Ett arbete uträttas, när man använder (eller övervinner) en kraft för att flytta ett föremål i kraftens riktning.

Två, ur fysikalisk synpunkt mera tvivelaktiga, definitioner är:

3. Kraft: Ett arbete uträttas, när man övervinner en kraft.

4. Formel: Arbete = kraft·väg (ev i kraftens riktning)

Hur definitionerna fördelar sig visas i tabell 11.3. Elva läroböcker introducerar alltså begreppet "arbete" med den operativa definitionen kraft·väg. De andra läroböckerna använder förmodligen också formeln, men de har då först kvalitativt infört begreppet enligt någon av de andra metoderna. En lärobok, i Lgr 80, inför aldrig begreppet.

När eleven vet vad som menas med "arbete" är det lätt att föra in energibegreppet. Alla böcker utom fem säger, att energi är allt som kan omvandlas till arbete. En bok från Lgr 69 och en från Lgr 80 (det är i själva verket två upplagor av samma lärobok) säger att energi = arbete, vilket är något helt annat än den förstnämnda definitionen. (De definierar arbete som kraft·väg.) Likaledes en bok från Lgr 69 respektive Lgr 80 inför energi genom många exemplifieringar av energiformer och omvandlingar, men definierar ej begreppet. Den lärobok i Lgr 80, som ej inför begreppet "arbete", säger att "Ordet energi kommer från grekiskan och betyder arbetsförmåga".

LADDNING, SPÄNNING, LEDNINGSFÖRMÅGA OCH STRÖM

De tidigare berörda begreppen hör till den klassiska mekaniken, vilken

var en genomarbetad teori vid sekelskiftet. Med utvecklingen av atomfysiken och fasta tillståndets fysik har däremot nya förklaringsmodeller för laddning, spänning, ledningsförmåga och ström kommit fram under undersökningsperioden. Detta återspeglar sig i de definitioner som använts i realskolans och grundskolans fysikundervisning.

a) Laddning

1. **Klassisk definition:** När ett föremål gnids, kan det få förmåga att dra till sig små papperslappar, tygbitar etc. Föremålet sägs vara elektriskt laddat. Man skiljer på två slags laddning, som kallas positiv och negativ laddning.

2. **Atomär definition:** Atomen består innerst av en laddad kärna, vars laddning kallas positiv. Kring kärnan kretsar elektroner. Deras laddning sägs vara negativ. Atomen är utåt sett neutral, dvs kärnans positiva laddning vägs upp av elektronernas laddningar. När ett föremål är positivt laddat har det underskott på elektroner. Ett negativt laddat föremål har överskott på elektroner.

b) Spänning

1. **Elektrostatisk definition:** Mellan två föremål med olika laddning finns en spänning.

2. **Elektrodynamisk definition:** Strömmen (elektronerna) får rörelseenergi av spänningen. Ju större spänning, desto större energi (hastigare elektronrörelse).

c) Ledningsförmåga

1. **Klassisk definition:** En ledare kan transportera laddningar (ström, elektroner). Det kan inte en isolator.

2. **Atomär definition:** I en ledare är vissa av atomernas yttre elektroner fria och bildar ledningselektroner. En isolator har alla elektroner hårt bundna.

d) Ström

1. **Klassisk definition:** När laddning transporteras genom en ledare, sägs en elektrisk ström flyta genom den.

2. **Atomär definition:** I en metallisk ledare består strömmen av elektroner, som rör sig. (I en elektrolyt sker strömtransporten med positiva och negativa joner.)

3. **Vardagsdefinition:** Ett ficklampsbatteri kan kopplas till en glöd-

lampa och få den att lysa. Lampan lyser, eftersom en ström går genom den och gör glödtråden varm.

Alla fyra begreppen hör ju hemma inom elläran. I stället för att redovisa uppdelningen på de olika definitionerna inom varje begrepp för sig tycker jag att det är intressantare att föra dem samman till olika övergripande kategorier, som jag kallar **perspektiv** på elläran.

A. Klassiskt perspektiv

Elläran introduceras med försök på gnidningselektricitet. Negativ och positiv laddning relateras till laddningarna hos två referensföremål, vanligen en ebonitstav respektive en glasstav. Spänning definieras antingen statiskt eller dynamiskt. Ström definieras som laddningar i rörelse, och en ledare är ett ämne i vilket laddningar kan röra sig.

B. Klassisk ansats med partiell atomär förklaring

Elläran introduceras med försök på gnidningselektricitet. Negativ och positiv laddning relateras till laddningarna hos två referensföremål, vanligen en ebonitstav respektive en glasstav. Spänning definieras antingen statiskt eller dynamiskt, medan ledningsförmåga betraktas som egenskapen att kunna transportera laddningar. I denna framställning förklaras två av begreppen laddning, ledningsförmåga och ström också atomärt, men inte alla tre. De klassiska definitionerna av laddning och ledningsförmåga föregår i så fall de atomära förklaringarna. Ström definieras i en bok enbart klassiskt, i en bok först vardagsmässigt och sedan atomärt och i de övriga enbart atomärt.

C. Klassisk ansats med fullständig atomär förklaring

Elläran introduceras med försök på gnidningselektricitet. Negativ och positiv laddning relateras till laddningarna hos två referensföremål, vanligen en ebonitstav respektive en glasstav. Spänning definieras antingen statiskt eller dynamiskt eller, i en bok, på båda sätten. I alla böcker utom en definieras ledningsförmåga först klassiskt. Alla tre begreppen laddning, ledningsförmåga och ström definieras också klassiskt.

D. Atomärt perspektiv

Elläran introduceras med en atommodell. Kärnan och elektronerna sägs vara elektriskt laddade med positiv respektive negativ laddning. De övriga begreppsdefinitionerna kombineras på olika sätt, men gemensamt är

Tabell 11.4. Fördelning av olika perspektiv på elläran. Tabellen anger antal läroböcker i kategorierna

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Klassiskt perspektiv	3	3	2	0	0	0
Klassisk ansats med partiell atomär förklaring	0	0	3	1	1	1
Klassisk ansats med fullständig atomär förklaring	0	0	3	6	3	0
Atomärt perspektiv	0	0	0	0	4	1
Vardagsansats	1	0	0	2	2	3

dock atomen som förklaringsgrund.

E. Vardagsansats

Elläran introduceras med att en strömkälla ur vardagen, ex vis ett batteri, får en glödlampa att lysa. Detta beror på att en elektrisk ström går genom glödtråden. Spänning definieras i konsekvens med ansatsen dynamiskt, dvs något som ger strömmen rörelseenergi. I övrigt kombineras definitionerna på olika sätt, men i grundskoleböckerna finns atomära definitioner med.

En lärobok, som är tryckt 1917, finns i denna kategori. (Det är Lohmanders bok, som redovisades i avd 11.1.) Den introducerar elläran med Ørstedts försök och säger: "Från ett galvaniskt element utgår en kraft, som tvingar en kompassnål att vrida sig. Kraften kallas elektrisk." Därefter tar boken i ordning upp ledningsförmåga, spänning och - sist - elektrostatisk laddning.

Tabell 11.4 visar hur de olika perspektiven fördelar sig. De tre förstnämnda perspektiven, som påbörjar elläran med gnidningselektricitet, dominerar framställningen med ca 2/3 av läroböckerna. En sådan lärogång följer den idéhistoriska utvecklingen. Elektrostatiska fenomen var kända redan under antiken och systematiserades under 1600- och 1700-talen. Elektrodynamiken inledde sin utveckling under 1800-talet med Galvanis och Voltas försök. Lärogången följer också de metodiska anvisningarna för elektricitetslärans inledning t o m Lgr 62: "Enkla elektrostatiska försök" (1910, s 225; 1935, s 157), "Gnidningselektricitet" (1955b, s 139; 1958, s 376; Lgr 62, s 290).

Redan i två läroböcker som skrevs under slutet av 30-talet förklaras

vissa av begreppen med atomteori. Ingen av läroverksstadgorna eller deras metodiska anvisningar nämner atomens uppbyggnad i samband med elläran. Däremot betonas vikten av följsamhet mot fysikens utveckling: "... tillses, att nya och aktuella kursmoment icke försummas, ..." (1935, s 155). Ur tabell 11.4 framgår också tydligt hur framställningarna förskjuts mot ett ökat antal atomära definitioner.

Med 1969 års läroplan inträder ett antal läroböcker som introducerar elläran med en atommodell. Det är knappast att "... anknyta till elevernas erfarenheter och intressen ..." eller att ha "... för eleverna kända föremål och företeelser som naturliga utgångspunkter" (Lgr 69, s 197). Däremot finner man på samma sida i Lgr 69 uttalandet

"Genom att i anslutning till elevernas iakttagelser ge en orientering om atomernas byggnad bör undervisningen redan från början av högstadiet leda fram till ett atomistiskt betraktelsesätt, som bör vara utmärkande för de fortsatta studierna." (Lgr 69, s 197)

Detta har kanske de berörda författarna tagit fasta på.

Notera de åtta läroböcker, som okonventionellt inleder elläran med vardagens strömkällor och därefter prioriterar elektrodynamiken. (Inom parentes kan nämnas att en av böckerna har vardagsansatsen i 1962 års upplaga, men har övergivit den i 1969 och 1980 års upplagor till förmån för det atomära perspektivet.) Det skulle vara intressant att undersöka vilket en elev upplever som bäst anknutet till praktisk elektricitet: En tänd ficklampa, eller en syntettröja som slår gnistor när den dras över huvudet.

MAGNETISKA BEGREPP

Framställningen av magnetismen är inte alls så varierad som elläran, men det finns två aspekter som diskuteras på olika sätt. Den ena är introduktionen av magnetismen, och den andra är den magnetiska kraften på en strömgenomfluten ledare i ett magnetfält.

a) Introduktion till magnetismen

1. Permanentmagnetisk introduktion: Vissa järnmalmer har förmågan att dra till sig järnfilspån och andra föremål av järn (samt kobolt och nickel). De kallas naturliga magneter, och kraftverkan är magnetisk. Det finns också konstgjorda magneter, vanligen i form av stavmagneter, U-magneter och kompassnålar.

2. Permanentmagnetisk introduktion med atomär förklaring: Vissa järnmalmer har förmågan att dra till sig järnfilspån och andra föremål

Tabell 11.5. Fördelning av de olika sätten att introducera magnetism. Tabellen anger antal läroböcker i kategorierna

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Permanentmagnetisk introduktion	2	0	4	5	3	3
Permanentmagnetisk introduktion med atomär förklaring	2	3	4	2	6	2
Elektromagnetisk introduktion, fundamentalförsök	0	0	0	0	1	0
Elektromagnetisk introduktion, tillämpning	0	0	0	2	0	0

av järn (samt kobolt och nickel). De kallas naturliga magneter, och kraftverkan är magnetisk. Det finns också konstgjorda magneter, vanligen i form av stavmagneter, U-magneter och kompassnålar. Atomerna i ett järn- eller stålstycke kan jämföras med små strömslingor, dvs små magneter. (Alternativt: Ett järn- eller stålstycke är uppbyggt av små sk elementarmagneter.) Från början är de atomära magneterna oordnade, men de kan ordnas av ett yttre magnetfält. (I ett mjukjärnsstycke blir de åter oordnade, när det yttre magnetfältet försvinner. I ett stålstycke behåller de däremot i viss mån sin ordning.)

3. Elektromagnetisk introduktion, fundamentalförsök: När två parallella ledare genomflyts av ström, stöter de ifrån eller dras till varandra, beroende på den inbördes strömriktningen. Denna typ av kraftverkan kallas magnetisk.

4. Elektromagnetisk introduktion, tillämpning: Om man lindar en isolerad ledare kring en järnstav och sänder ström genom ledaren, så kan staven dra till sig små järnföremål. Denna kraftverkan kallas magnetisk. Staven med lindningen är en elektromagnet.

Ur tabell 11.5 framgår fördelningen på de olika kategorierna. Endast tre läroböcker väljer att introducera magnetisk kraftverkan med elektromagnetism, trots att man i praktiska livet oftare torde komma i kontakt med elektromagneter än med permanentmagneter. Den allt dominerande introduktionen är permanent magnetism. Ungefär hälften av dessa senare läroböcker behandlar en atomär modell för magnetismen. Begreppet "elementarmagneter" går tillbaka till Ampères arbeten i början av 1800-talet (Singer, 1982, s 360) och har först under detta sekel fördjupats med kännedom om atomens egenskaper. Med hjälp av elementarmagneter kan man bl a förklara ferro-

Tabell 11.6. Magnetismkategorier tabellerat kontra elläraperspektiv. Tabellen anger antal läroböcker i kategorierna

	Klassiskt perspektiv	Klassiskt perspektiv med partiell atomär förklaring	Klassiskt perspektiv med fullständig atomär förklaring	Atomärt perspektiv	Vardagsansats
Permanentmagnetisk introduktion	1	5	7	1	3
Permanentmagnetisk introduktion med atomär förklaring	7	1	4	3	4
Elektromagnetisk introduktion, fundamentalförsök	0	0	0	1	0
Elektromagnetisk introduktion, tillämpning	0	0	1	0	1

magnetism och varför det inte finns magnetiska monopoler. Det kan därför vara intressant att korstabellera magnetismkategorierna mot elläraperspektiven, vilket görs i tabell 11.6. De äldre böckerna, som hade ett klassiskt perspektiv på elläran, redovisade också en atomär förklaringsmodell för magnetism. När den klassiska bilden började kompletteras med atomära beskrivningar i elläran utgick i de flesta fall, paradoxalt nog, den atomära beskrivningen av magnetismen. Däremot ser man att majoriteten av böckerna med fullständigt atomärt perspektiv på elläran också hade detta på magnetismen.

b) Magnetisk kraft på strömgenomfluten ledare

Två viktiga tillämpningar inom elektromagnetismen är elektriska mätinstrument och, framför allt, motorn. Om man vill förklara hur de fungerar så måste man på något sätt gå igenom, att en strömgenomfluten ledare i ett magnetfält påverkas av en kraft. Det finns tre varianter på detta i de undersökta läroböckerna.

1. **Rak ledare, fenomen:** En rak strömgenomfluten ledare i ett magnetfält påverkas av en kraft.

2. **Rak ledare, motivering:** En rak strömgenomfluten ledare i ett magnetfält påverkas av en kraft. Kraftens riktning är åt det håll, där det yttre magnetfältet och fältet kring ledaren är motriktade.

Tabell 11.7. Fördelning av olika sätt att framställa "magnetisk kraft på strömgennomfluten ledare". Tabellen anger antal läroböcker i kategorierna

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Rak ledare, fenomen	0	1	1	0	4	1
Rak ledare, motivering	0	1	1	2	3	1
Spole	4	1	6	7	3	3

3. **Spole:** En strömgennomfluten spole i ett magnetfält vrider sig, eftersom spolen får en nordände och en sydände och därför strävar att ställa in sig i det yttre fältets riktning.

Variant 2 är ju inte någon teoretisk förklaring, men den kan testas experimentellt utan någon större svårighet och ger ett medel att förut-säga ex vis rotationsriktningen hos en motor. Försöket är också ett fun-damentalförsök, eftersom den experimentella lagen $F_m = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$ härleds ur detta experiment. Variant 3 är kanske mera lättbegriplig och leder ome-delbart över till vridspolegalvanometern och elmotorn. Å andra sidan är det en fysikalisk brist att den betraktar kraften som en påverkan i stäl-let för en växelverkan, vilket variant 2 gör.

Tabellen 11.7 visar nu, att

- varianten "spole i magnetfält" dominerar;
- realskolebäckernas framställning är homogenare än grundskolebök-kernas.

En korstabellering mot sätten att introducera magnetismen (tabell 11.8) visar, att de läroböcker som inleder med permanentmagneter utan atomär förklaring är konsekventa och behandlar kraftverkan med den mest

Tabell 11.8. Magnetisk kraftverkan tabellerat kontra magnetismintroduktion. Tabellen anger antal läroböcker i kategorierna

	Permanentmagn intr	Permanentmagn intr m atomär förkl	Elektromagn intr fundamentalförsök	Elektromagn intr tillämpning
Rak ledare, fenomen	1	4	1	0
Rak ledare, motivering	1	7	0	1
Spole	15	8	0	1

lättilgängliga varianten, spole i magnetfält. De läroböcker, som har större förklaringsambition, använder spole i magnetfält ungefär lika många gånger som rak ledare med motivering.

SAMMANFATTNING

Redovisningen har pekat på de olika läroböckernas sätt att definiera de grundläggande begreppen "massa (vikt)", "kraft", "arbete", "energi", "perspektiv på elläran", "magnetism och magnetisk kraft på ledare". Här finns skilda definitioner med varierande frekvens. Övriga begrepp definieras likadant överallt. Ur redovisningen kan man också se, att det var en större enhetlighet i valet av definitioner i realskolans läroböcker än i grundskolans (begreppet "massa" möjligen undantaget).

Det är svårt att finna mönster i det totala valet av definitioner. Två konsekventa valmönster, som representerar ytterligheter, är följande.

1. Förklaringsinriktat mönster

Massa:	tung, trög eller materiemängd
Kraft:	dynamisk definition
Arbete:	att övervinna en kraft för att flytta ett föremål
Energi:	allt som kan omvandlas till arbete
Ellära:	något av de fyra första perspektiven, men inte det vardagsinriktade
Magnetism:	permanentmagnetism med atomär förklaring
Magnetisk	
kraft:	rak ledare i fält med motivering

2. Fenomeninriktat mönster

Massa:	odefinierat men välkänt
Kraft:	dynamisk, referenskraft eller odefinierat
Arbete:	vilken som helst av definitionerna
Energi:	allt som kan omvandlas till arbete
Ellära:	vardagsperspektiv
Magnetism:	permanentmagnetism eller elektromagnetism, tillämpning
Magnetisk	
kraft:	spole i magnetfält

Man återfinner endast en lärobok i vardera mönstret. Den förklaringsinriktade finns i 1928 års realskola, medan den fenomeninriktade är från 1905 års realskola. Ur en frekvensräkning kan man också definiera:

3. Mest sannolikt mönster

Massa:	materiemängd
Kraft:	dynamisk definition
Arbete:	att övervinna en kraft för att flytta ett föremål
Energi:	allt som kan omvandlas till arbete
Magnetism:	permanentmagnetism, eventuellt med atomär förklaring
Magnetisk	
kraft:	spole i magnetfält

Totalt sex läroböcker följer detta mönster. I övrigt förekommer allehanda kombinationer av begreppsframställningar.

11.3. Fenomenanvändningar

Samtliga stadgor och läroplaner betonar vikten av konkretion:

"Undervisningen i biologi, fysik och kemi bör bibringa lärjungarna en kunskap, som har fast grund i erfarenheten. Den skall därför i möjligaste måtto utgå från iakttagelser af naturföremål ..." (1910, s 216)

"Undervisningen i fysik i realskolan har till uppgift att, i anslutning till vad som tidigare inhämtats, bibringa lärjungarna en på egen åskådning grundad ... kunskap" (1928, s 228; 1933, s 311)

"Undervisningen i skolans alla ämnen bör vara konkret och åskådlig. Detta innebär, att den skall anknyta till upplevelser, som eleverna redan haft, och till föremål, som de redan känner till, ..." (Igr 62, s 49. I Igr 69, s 60, är formuleringen likalydande så när som på att citatets andra mening förstärks till:

"... Detta innebär, att den vid klargörandet av begrepp, sammanhang och idéer skall anknyta till upplevelser, som ...")

"Utgångspunkten för arbete med olika stoffområden bör vara elevernas verklighetsbild." (Igr 80, s 48)

Fysikens begrepp och samband knyts till vardagen genom fenomen och tillämpningar. I tabellerna 2-13, tabellbilagan, har jag redovisat läroboksförfattarnas urval av fenomen och tillämpningar. Dessa kan användas till olika syften. En klassificeringsgrund är följande:

a) De kan utgöra introduktioner till definitioner och samband. Exempelvis kan ett kapitel om ljusets brytning i linser introduceras med en redovisning av kamerans uppbyggnad och en diskussion om vad objektivet har för funktion.

b) De kan användas som illustrationer till definitioner och samband.

Man kan vända på exemplet. Efter att ljusets brytning i linser har gåtts igenom med konventionell laboratoriemateriel, illustreras användandet av den konvexa linsens avbildande egenskaper med kamerans byggnad och funktion.

c) En tredje användning är som **motivationer** för att studera fysik. Varför skall man exempelvis lära sig ljusets egenskaper? Läroboken kan då redovisa olika vardagsapparater som kamera, kikare och glasögon, vilkas funktion man förstår om man har lärt sig något om ljus.

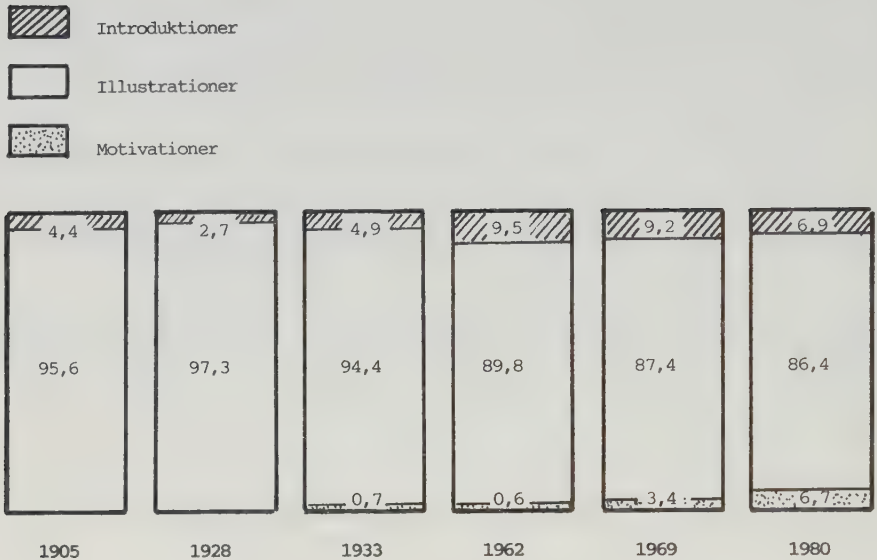
De inledande citaten visar, att det är intressant att studera fördelningen av fenomen och tillämpningar mellan introduktioner, illustrationer och motivationer. En stor andel introduktioner och motivationer tyder på att undervisningen utgår från vardagserfarenheter.

När jag försökte klassificera fenomenen och tillämpningarna så mötte jag två svårigheter, en mindre och en större. Den mindre var att skilja mellan introduktioner och motivationer. Som kanske framgår av beskrivningen så syftar den introducerande tillämpningen till att belysa **ett** begrepp och nämns omedelbart före detta. En tillämpning, vilken klassas som motivation, är inte så direkt kopplad till ett enda begrepp. Den kan stå i början av ett helt område eller en hel lärobok; den kan också avse att motivera studiet av flera begrepp.

Det andra och större dilemma var hur astronomins innehåll skulle klassificeras. Astronomin låter sig inte indelas i definitioner och samband kontra fenomen och tillämpningar. Den är en systematisk beskrivning av företeelser i universum. En del av dessa företeelser var uppenbarligen introduktioner eller motivationer. De övriga, majoriteten, har jag klassat som illustrationer. De illustrerar i alla fall systematiken i beskrivningen, men jag är medveten om att detta är litet ansträngt. Den gamle Prokrustes skulle ha nickat igenkännande.

Figur 11.1 visar medelfördelningen inom respektive skolform. Angivandet av procentsatserna på en tiondel när ger dem en klang av noggrannhet som kanske inte är berättigad, enligt vad som nyss sagts. Noggrannheten motiveras av att andelarna introduktioner och motivationer är så små, att eventuella skillnader mellan skolformerna kan hänga på tiondelar.

Man ser omedelbart i figur 11.1 att fenomen och tillämpningar till allra största delen används som illustrationer. Introduktioner och motivationer har aldrig större sammanlagd andel än knappt 14 %. Läroböckerna börjar alltså med teorin för att sedan sträva efter en förankring i vardagserfarenheten. Det är den omvända ordningen jämfört med stadgornas och läroplanernas intentioner, citerade ovan.



Figur 11.1. Fördelningen av medelproportionerna introduktioner, illustrationer och motivationer i de olika skolformerna. Proportionerna anges i procent av skolformens totala antal fenomen och tillämpningar

Man ser vidare en tydlig skillnad mellan realskoleböcker och grundskoleböcker. De förra använder nästan uteslutande tillämpningarna som illustrationer. Andelen introduktioner är liten, och det finns knappast några motivationer. Stapeln motivationer i 1933 års diagram härrör från två läromedel. Det ena, som är från början av 1950-talet, bidrar med en tillämpning, kärnvapen. Det andra läromedlet, tryckt 1958-60, har flera motivationer. De finns i ett kapitel i första boken, betitlat "Vad fysik är" och innehållande experimentbeskrivningar från de olika områdena.

Med grundskolans läromedel kommer en ökad andel introduktioner och motivationer. Det är återigen bara två böcker inom Lgr 62 som innehåller motivationer, men detta antal ökar till fem i Lgr 69. Intressant är att Lgr 80-böckerna, som har en dubbelt så stor andel motivationer som de inom Lgr 69, har reducerat andelen introduktioner till 2/3. Nu skall man inte dra för vittgående slutsatser av detta. Underlaget är kanske inte helt jämförbart i dessa små andelar, då det är tio böcker från Lgr 69 och fem från Lgr 80.

Jag har tidigare kommenterat att realskoleböckerna visar en större homogenitet i såväl urval som framställning av innehållet. Detta tycks gälla även för fenomenanvändningarna. Tabell 11.9 visar standardavvikelse

Tabell 11.9. Standardavvikelser kring de i figur 11.1 redovisade medelproportionerna

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Introduktioner	0,7	2,0	2,7	4,4	4,5	4,4
Illustrationer	0,7	2,0	2,9	4,3	4,9	5,3
Motivationer	0,0	0,0	1,7	1,3	3,2	3,8

serna kring medelproportionstalen. Realskolans standardavvikelser är ungefär hälften av grundskoleböckernas. Grundskoleböckerna har alltså en större spridning på sina fenomenanvändningar.

12. LÄROMEDLEN: ANALYS AV UPPGIFTER

12.1. Klassificering av uppgifter

Till arbetet med lärostoffet hör uppgifter av skilda slag: laborationsövningar, räkneuppgifter, litteraturuppgifter m m. Stadgorna och läroplanerna har formuleringar om användandet av uppgifter, bl a:

- eleverna skall experimentera själva (1905, s 127; 1933, s 311; 1935, s 164-165; 1955b, s 137, s 140-141; 1958, s 374-375, s 377-378; Lgr 62, s 50, s 291; Lgr 69, s 58, s 61, s 197, s 198; Lgr 80, s 48, s 115);
- arbetssättet skall vara undersökande, snarare än verifierande (1955b, s 137; 1958, s 374-375; Lgr 62, s 291; Lgr 69, s 197; Lgr 80, s 115);
- läroboken skall inte utgöra den enda faktabasen, utan eleverna skall kunna söka kunskap ur olika källor (1928, s 35; 1935, s 155-156; 1955b, s 138; 1958, s 375; Lgr 62, s 48-50, s 293; Lgr 69, s 59, s 61, s 79-83, s 198; Lgr 80, s 49, s 51);
- eleverna skall få träna problemlösning, exempelvis med räkneövningar (1935, s 163; 1955b, s 138; 1958, s 375; Lgr 80, s 48, s 115). I Lgr 80 används "problem" i vidare betydelse än i realskolans metodiska anvisningar. Notera också Lgr 62:s formulering: "Särskilda räkneövningar bör endast undantagsvis förekomma inom den naturorienterande undervisningen på högstadiet." (Lgr 62, s 216)
- eleverna skall beredas möjlighet att arbeta med överkursuppgifter (1955b, s 138; 1958, s 375; Lgr 62, s 39, s 216; Lgr 69, s 45, s 172; Lgr 80, s 30).

En undersökning av vilka slags uppgifter som finns i läroböckerna och i vilka proportioner de förekommer kräver en definition och en struktureringsmall. Denna är definierad i avdelning 7.2 och innebär följande kategorisering:

Uppgift = problemformulering

1. Experimentella eller teoretiska uppgifter
2. Undersökande, verifierande eller färdighetstränande uppgifter
3. Kvantitativa eller kvalitativa uppgifter

Läromedlen visar betydligt större variationer i användandet av uppgifter än i de tidigare undersökta innehållsaspekterna. Läroböckerna för 1905 års stadga är de första i en ny skolform utan en tradition i upp-

läggningen att falla tillbaka på. En av böckerna är enbart en faktabok utan någon form av uppgifter. En annan är en renodlad experimenthandledning med kortfattade faktasammanfattningar (en läroboksform, som sedan inte återkom förrän i Lgr 69), medan de övriga två är mellanting med fylig faktadel, färdighetsuppgifter och korta experimentanvisningar.

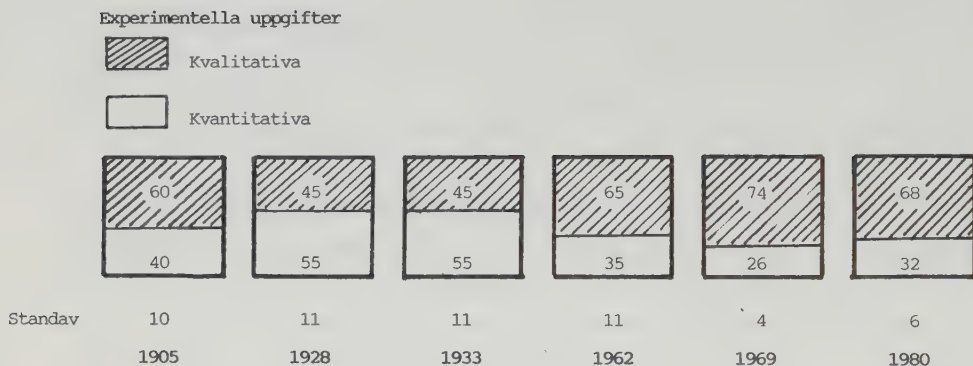
Den sistnämnda formen blev den etablerade under de efterföljande realskoleformerna. Ett par av böckerna innehöll dock inga experimentanvisningar utan bara teoretiska färdighetstränande uppgifter, huvudsakligen räkneövningar. I övrigt utgavs 1936 en fristående "Handledning vid laborationsövningar i fysik", och 1958-60 kom en laborationshandbok som var avsedd att användas tillsammans med en lärobok som handbokens författare hade skrivit.

Grundskoleböckerna inom Lgr 62 följde i stort realskoletraditionen och bestod huvudsakligen av en faktaframställning, kompletterad med korta försöksanvisningar och teoretiska uppgifter. Laborationsböcker som hörde samman med läroböcker började dock komma i större utsträckning. I denna undersökning finns tre sådana uppsättningar av laborationsböcker med. En fjärde kom mot slutet av Lgr 62-perioden, men då dess lärobok var försedd med utförliga uppgifter av alla slag, har dessa studiehäften ej tagits med. Dessutom utgavs ett antal fristående laborationshäften, vilka skulle kunna användas till godtycklig lärobok. Jag har valt att inte ta med dem i undersökningen.

Med Lgr 69 vidgas läromedlen. Till samtliga läroböcker hör (oftast programmerade) laborationsanvisningar, instuderingsfrågor och andra uppgifter. I drygt hälften av fallen är uppgifterna integrerade i faktatexten, medan de övriga läromedlen består av en faktabok och separat studiebok. En högre grad av styrning introduceras också på så sätt, att faktaframställningen inte är heltäckande. En del samband införs utan att den experimentella motiveringen redovisas, eftersom ett visst försök, som föregår sambandet i texten, förutsätts ha blivit gjort. Vissa fenomen och tillämpningar kanske endast redovisas i laborationer. Sex av Lgr 69-läromedlen går in under denna beskrivning.

Av de fem Lgr 80-läromedel, vilka ingår i undersökningen, är det två, som har integrerade uppgifter och faktatext med viss grad av styrning. De övriga har en faktabok och en studiebok.

Vid uppgiftsanalysen har jag använt läroböcker och tillhörande studieböcker, där sådana funnits, med de undantag som nämdes på föregående sida. I nästan alla fall har jag använt läromedlens avgränsningar av uppgifterna, men någon enstaka gång har t ex en uppgift, rubricerad "labora-



Figur 12.1. Procentuella proportioner kvalitativa/kvantitativa experimentella uppgifter i de olika skolformerna

tion", innehållit en teoretisk faktasammanställningsdel och en experimentell del, varvid den klassats som två uppgifter.

Omfattningen av likartade uppgifter kan variera avsevärt. Vad som kallas "laboration" i ett läromedel kan i ett annat vara uppdelat i flera små försök, som vart och ett där kallas "laboration". Att redovisa absoluta antal i kategorierna är alltså inte meningsfullt, utan jag räknar i stället procentuella andelar inom varje läromedel och redovisar medelvärden av dessa andelar.

Ovanstående uppgiftskategorisering ger tolv fack att klassificera uppgifter i. Jag väljer fyra kategoripar och diskuterar resultatet i punkterna (a) - (d) nedan.

a) PROPORTIONERNA KVALITATIVA/KVANTITATIVA EXPERIMENTELLA UPPGIFTER

Figuren 12.1 visar en tydlig skiljelinje mellan realskolan och grundskolan. En klart större andel av de experimentella uppgifterna inom realskolan var inriktad på kvantitativa resultat. Laborationsanvisningarnas innehåll i realskolan verkar tyda på, att grundläggande försök för att klargöra definitioner och samband förutsattes bli genomgångna på helklasslektionerna, medan elevlaborationerna syftade till fördjupningar och tillämpningar. Med grundskolan lades en större del av grundförsöken ut som elevarbete. En kvalitativ ansats gör förhoppningsvis resultaten mera lättillgängliga och ställer inte lika stora krav på avläsningarnas noggrannhet. Om bara mätvärdena pekar i rätt riktning, så behöver man inte

ta så stora hänsyn till felkällorna.

Man kan också notera spridningsmåttets värden. 1905-1962 är det av storleksordningen 10 %, vilket betyder att det finns stora variationer hos läromedlen inom en viss skolform. I och med Lgr 69 blir framställningarna mera likriktade.

b) PROPORTIONERNA UNDERSÖKANDE/VERIFIERANDE UPPGIFTER

Andelen verifierande uppgifter är liten, i medeltal 7 %, om en extrem bok från 1905 års realskola räknas bort. Det visar att läromedlen i detta avseende följer stadgornas/läroplanernas intentioner.

c) PROPORTIONERNA TEORETISKA/EXPERIMENTELLA UNDERSÖKANDE UPPGIFTER

Även i figur 12.2 syns en markerad skillnad mellan realskolans och grundskolans läromedel, både avseende proportionstal och spridning. Endast i ett fåtal fall tillhandahöll realskoleböckerna uppgifter, där eleverna kunde göra sammanställningar med hjälp av läroboken eller annan litteratur. Grundskolans läroplaner betonar individualisering, vikten av litteraturstudier och val av överkurser kraftigare än realskolestadgorna och deras metodiska anvisningar. I samklang med detta ökar de teoretiska undersökande uppgifterna, och proportionerna förskjuts, även om de experimentella uppgifternas absoluta antal också ökar. Samtidigt är spridningen stor. En del böcker har ett brett spektrum av litteraturuppgifter, en

Undersökande uppgifter



Teoretiska

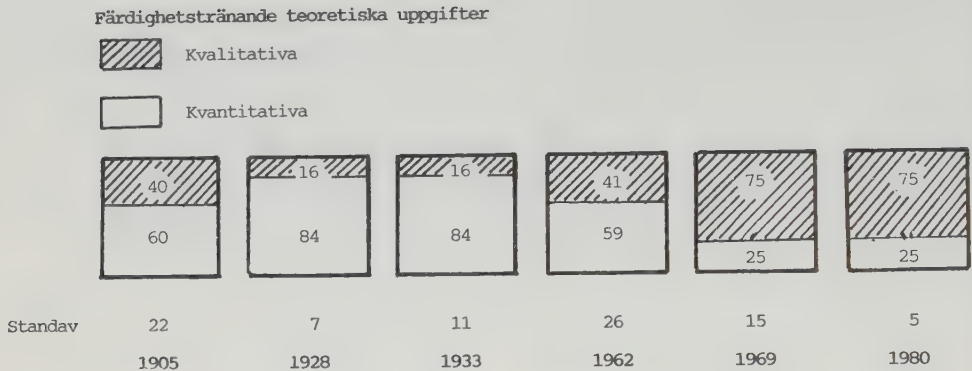


Experimentella



Standav	7	4	6	20	15	14
	1905	1928	1933	1962	1969	1980

Figur 12.2. Procentuella proportioner teoretiska/experimentella undersökande uppgifter i de olika skolformerna



Figur 12.3. Procentuella proportioner kvalitativa/kvantitativa färdighetstränande teoretiska uppgifter i de olika skolformerna

del inga alls utan bara programmerade uppgifter i anslutning till lärobokstexten. Som ett komplement till standardavvikelsen kan vi se på minsta och största andel. För andelen teoretiska undersökande uppgifter visar grundskoleläroböckerna följande spännvidd:

1962: 2 % - 61 %
 1969: 7 % - 56 %
 1980: 4 % - 47 %

d) PROPORTIONERNA KVALITATIVA/KVANTITATIVA FÄRDIGHETSTRÄNANDE TEORETISKA UPPGIFTER

I likhet med de två föregående figurerna syns i figur 12.3 en skillnad mellan realskolan och grundskolan, men den är ej så entydig som de andra. 1905 års böcker sticker av från d:o 1928 och 1933. 1905 års böcker har i andra avseenden visat olikheter och experimentlusta, och även ur den här aspekten finns mycket stora variationer. Stapeln i figuren måste kompletteras med de bakomliggande antalen. En av de fyra tillgängliga läroböckerna saknar varje form av uppgifter. För de övriga ser tabellen ut som tabell 12.1 visar.

Under realskolans senare former råder samförstånd kring valet av uppgifter. Antalet färdighetstränande teoretiska uppgifter håller sig i de allra flesta fall runt hundratalet. Som figur 12.3 visar, är drygt 80 % av dem "räkneuppgifter".

När grundskolan genomförs är situationen likartad med 1905 i variationsavseende. Räkneuppgifterna dominerar fortfarande, men ej i så hög

Tabell 12.1. Redovisning av antalet respektive procentuella andelen kvalitativa/kvantitativa färdighetstränande teoretiska uppgifter i 1905 års realskoleböcker

	KVALITATIVA		KVANTITATIVA	
	Antal	Prop (%)	Antal	Prop (%)
Bok 1	4	67	2	33
2	5	13	34	87
3	6	40	9	60

grad som 1928 och 1933. En stor del av dem återfinns i fysikkursen för åk 9, vilken bl a innehåller en fördjupning och formalisering av värme-läran, mekaniken och i viss mån elläran. Variationen är dock 6 - 186 kvantitativa uppgifter, och proportionerna ligger motsvarande mellan 9 % och 93 %. En tolkning är, att läroboksförfattarna skilt sig i priorite-ringen mellan å ena sidan realskolans tradition och kunskapskrav samt å andra sidan läroplanens explicita avståndstagande från räkneövningar, ci-terad i kapitlets början.

I böckerna inom Lgr 69 och Lgr 80 har det nya mönstret etablerats. De kvalitativa uppgifterna har erövrat marknaden med proportionen ca 3/4. Ändå har antalet kvantitativa uppgifter inte minskat nämnvärt, även om de till en viss del har ändrat karaktär och innehåller fler avläsningar av mätinstrument eller enhetsbyten. Att proportionerna har förskjutits så beror i stället på den undervisningsteknologiska ansatsen, där fakta-texten kompletteras med mängder av korta instuderingsfrågor. Lgr 69-böc-kerna omfattar mellan 148 och 773 kvalitativa färdighetstränande teore-tiska uppgifter.

Man skall inte stirra sig blind på procenttalen i de här figurerna. Upp-gifternas utformningar var så olika mellan läromedlen att klassificeringen stundtals blev besvärlig, och därför finns en viss osäkerhet i proporti-onsberäkningarna. Den är ej så stor, att den inverkar på de slutsatser och kommentarer som jag har gjort. Sammanfattningsvis kan det alltså fastslås, att det finns en klar skillnad mellan realskolans och grund-skolans läromedel avseende spektret av uppgifter. Efter en trevande bör-jan etablerar realskoleboken en form, som innebär en relativt stor andel kvantitativa experimentella uppgifter, få teoretiska undersökande uppgif-ter, likaså få kvalitativa färdighetstränande teoretiska uppgifter men många räkneövningar. Lgr 62 innebar åter variationer i försöken att bryta

med realskoletraditionen. De senare grundskoleläroplanernas böcker har en ökad andel kvalitativa experimentella uppgifter. Kraven på individualisering och elevaktivitet medför dels en växande andel teoretiska undersökande uppgifter, dels ett stort antal instuderingsfrågor som innebär en stor minskning av andelen kvantitativa färdighetstränande teoretiska uppgifter.

I kapitel 7 aviserade jag att jag skulle undersöka förekomsten av litteraturhänvisningar, "bredvidläsning", som inte skulle vara kopplade till några problemställningar. Det visade sig bli en blindgångare. I mina analysprotokoll finner jag endast två läromedel som har ett antal litteraturhänvisningar enligt denna definition, och båda tillhör Lgr 62. Däremot finns, som angivits ovan, åtskilliga läromedel med litteraturanvisningar till specifika problemställningar.

12.2. Uppgifternas styrningsgrad

Stadgorna och läroplanerna talar om vikten av ett undersökande och experimentellt arbetssätt. Jag väljer därför att studera styrningsgraden hos de undersökande och verifierande experimentella uppgifterna. De verifierande uppgifterna var så få till antalet enligt punkt (b), avd 12.1, att jag kan ta med dem för att få ett så stort dataunderlag som möjligt. Den klassificeringsgrund, som jag arbetar efter, är konstruerad av Schwab och skisserad i Shulman & Tamir (i Travers, 1973). Den har nämnts tidigare i kapitel 7. Man identifierar tre komponenter i en uppgift: problem, genomförande och svar. Var och en av komponenterna kan vara **öppna** eller **givna**. Detta leder till de frihetsgrader, som åskådliggörs i tabell 12.2. Frihetsgraderna kan exemplifieras genom olika framställningar av en densitetsmätningssuppgift, överst på nästa sida.

Tabell 12.2. Frihetsgrader i elevuppgifter enligt Schwab (Shulman & Tamir, i Travers, 1973)

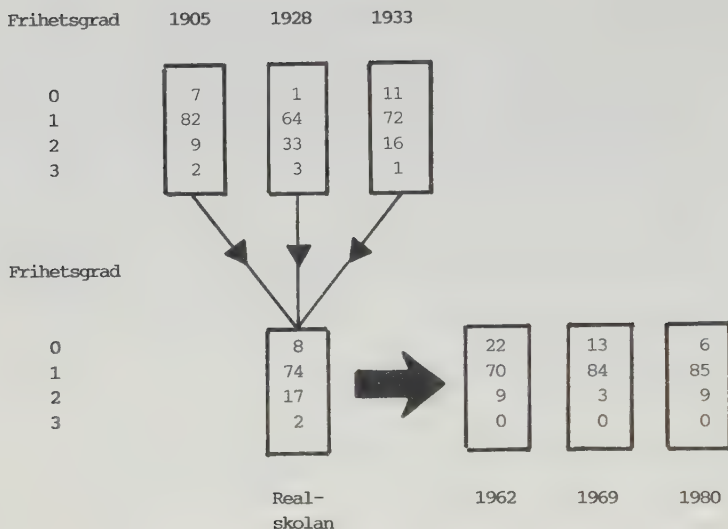
FRIHETSGRADER	PROBLEM	GENOMFÖRANDE	SVAR
0	givet	givet	givet
1	givet	givet	öppet
2	givet	öppet	öppet
3	öppet	öppet	öppet

-
- | | |
|---|---|
| 0 | Väg en blycylinder på brevvågen. Bestäm cylinderns volym genom att sänka ned den i ett mätglas, till hälften fyllt med vatten. Avläs hur mycket vattenytan stiger, vilket ger cylinderns volym. Beräkna härur ett värde på blys densitet. Tabellvärdet är $11,3 \text{ g/cm}^3$. |
| 1 | Väg en blycylinder på brevvågen. Bestäm cylinderns volym genom att sänka ned den i ett mätglas, till hälften fyllt med vatten. Avläs hur mycket vattenytan stiger, vilket ger cylinderns volym. Beräkna härur ett värde på blys densitet. |
| 2 | Bestäm densiteten hos bly. |
| 3 | Undersök en blycylinders materialegenskaper. |

Före redovisningen av proportionerna på skilda nivåer vill jag nämna några extremvärden, som utesluts ur medelproportionsberäkningarna. Två läroböcker, en inom 1905 års realskola och en inom 1928 års realskola, har majoriteten av uppgifterna på nivå 0: 88 % respektive 68 %. Dessa läromedel kan kallas för extremt **beskrivande**. Bakgrunden till de höga proportionstalen på nivå 0 är formuleringar av typen "Du finner, att ...". (Detta har, avseende 1905 års bok, medfört att boken uteslöts i samband med de verifierande uppgifterna, punkt (b), avdelning 12.1. Beträffande den andra boken är det tveksamt om de experimentella uppgifterna skall ses som reella laborationsanvisningar eller bara som beskrivande bakgrund till teorin.) En tredje lärobok, inom 1933 års stadga, är en ytterlighet åt andra hållet. Med 85 % uppgifter på nivå 2 kan den benämnas extremt **undersökande**. Ett typiskt exempel på en laborationsanvisning ur den är: "Bestämning av resistansen hos metalltrådar av olika längd, tjocklek och material."

Hos de återstående läromedlen fördelar sig proportionerna av undersökande (och verifierande) experimentella uppgifter på de skilda frihetsgraderna som figur 12.4 visar. Realskoleläromedel med laborationsanvisningar är fåtaliga. De som finns uppvisar ej heller någon systematisk variation i fördelningen. Detta kan motivera, att realskoleläroböckerna behandlas som en helhet. Ur figur 12.4 kan slutsatser dras, dels om den kunnandeuppfattning som ligger bakom läromedlen, dels om de betonar produkt eller process i framställningen. Denna diskussion för jag i kapitel 14. I den här avdelningen kommenterar jag de mera direkta upplysningar om styrningsgraden, som ges ur figuren. Dessa kommentarer är:

a) Utrymmet för elevernas eget tänkande i den experimentella problemlösningssituationen har varit litet. I medeltal över samtliga läromedel är andelen anvisningar på frihetsgraderna 2 och 3 endast 9 %.



Figur 12.4. Procentuella andelar inom de olika frihetsgraderna för undersökande och verifierande experimentella uppgifter

b) Realskolans läromedel har den största andelen uppgifter på frihetsgrad 2 av alla skolformerna, ca 1/6. En laboration på frihetsgrad 2 lämnar åt laboranten att utforma genomförandet, dvs ett i verklig mening undersökande arbetssätt. Naturligtvis vet vi inte om läroboksförfattarna tänkte sig ge eleven denna frihet, eller om formuleringarna skulle ses som ramanvisningar, vilka läraren sedan skulle strukturera hårdare efter exempelvis skolans materieluppsättning. Vad vi kan se är att läroböckerna på realskoletiden inte föreskrev ett visst genomförande av laborationen, utan möjliggjorde ett friare arbetssätt.

c) Det speciella med Lgr 62:s laborationsanvisningar är, att ungefär 1/5 (med ganska liten spridning kring detta värde) av dem befann sig på frihetsgrad 0, med andra ord en beskrivande ansats på framställningen. Jag kan tänka mig tre hypotetiska förklaringar:

- kanske ville författarna förankra framställningen i experiment utan att behöva förlita sig på att experimentet utfördes i klassrummet, p g a bristande utrustning, obehöriga lärare eller något annat skäl, som var realiteter under början av grundskoletiden;

- en fysikkurs för alla kunde ju också behöva förklaras så noggrant som möjligt;

- läroplanens intentioner att individualiseringen skulle öka medförde en överflyttning av lärarens styrning av klassen som kollektiv mot att

eleven skulle kunna göra ett experiment, oberoende av de andra i klassen, och därför borde finna detaljerade anvisningar i läroboken.

I avdelning 12.1 framhölls att Lgr 62:s böcker innebar en viss experimentperiod avseende uppgifternas inriktning. Det tycks gälla även styrningsgraden.

d) Analysen visar, att styrningen når toppen i Lgr 69:s läromedel. 97 % av anvisningarna detaljreglerar laborationen. Vad som dessutom finns men som inte syns i proportionstalen är den undervisningsteknologiskt präglade detaljstyrningen, som föreskrev i vilka steg som eleven skulle tänka. Det ändrade sig inte nämnvärt med Lgr 80:s läromedel. Undervisningsteknologins ande svävar fortfarande över mörkret. Man noterar visserligen en ökning av andelen laborationer på frihetsgrad 2 till 9 %. En närgranskning visar, att denna ökning kan härledas till ett läromedel, där närmare 1/4 av de granskade uppgifterna kan klassas som frihetsgrad 2.

Jag skall nu göra ett avsteg från min princip att bara analysera sådana läromedel, som är kompletta för hela stadiet. Ett läromedel (Hägglund m fl: NO Kombi) är under utgivning och föreligger i skrivande stund (1986) komplett för åk 7. Läromedlet är annorlunda i två aspekter:

- integrerad behandling av de naturorienterande ämnena;
- uppgifter, som präglas av ett i tämligen hög grad undersökande arbetssätt.

En analys visar att 29 % av de experimentella undersökande eller verifierande uppgifterna i NO Kombi är på frihetsgrad 2 eller 3. Denna proportion har i och för sig överträffats i två realskoleläromedel och i ett inom Lgr 62, men den innebär en brytning med undervisningsteknologin som etablerade sig under Lgr 69. Vad som däremot är unikt, såvitt jag kan finna, är att läromedlet systematiskt uppmanar eleven att börja sin undersökning med att ställa en hypotes. Denna viktiga komponent i det naturvetenskapliga arbetssättet har visserligen nämnts i tidigare böcker, men då mera i förbigående. I NO Kombi finner man krav på hypotesformulering i 29 % av de analyserade uppgifterna. Det skall bli intressant att se huruvida NO Kombi är det första i en ny generation naturorienterande läromedel, eller om det blott blir en dagslända.

13. SAMMANFATTNING AV OCH SAMBAND MELLAN STADGOR/LÄROPLANS- ANALYSEN OCH LÄROMEDELSANALYSEN

13.1. Sammanfattning av resultat

Jag har i denna andra del av avhandlingen studerat skolämnet fysik i svenska realskolan och grundskolans högstadium. Två faktabaser har använts. Den ena är de officiella dokumenten av mer eller mindre normerande karaktär: läroverksstadgor, grundskoleläroplaner, metodiska anvisningar, supplement och kommentardelar. De där återfunna beskrivningarna av fysikämnet har jag strukturerat i tre nivåer:

- ideologi och allmänna mål för skolans arbete;
- mål för ämnet fysik;
- ämnets struktur (kursinnehåll och timplaner) jämte verksamheten (fysikundervisningens förlopp inom och utanför skolan).

Den andra faktabasen är läromedlen i fysik. Läromedlen kan med fog anses styra undervisningen i ganska hög grad. En analys av läromedel ger då förhoppningsvis en bild av hur den bedrivits i de undersökta skolorna. De aspekter jag har lagt på läromedlen är:

- innehållets omfång (de definitioner och samband respektive fenomen och tillämpningar, som läromedlen behandlar);
- innehållets framställning;
- i vilket syfte fenomen och tillämpningar använts;
- vilka typer av arbetsuppgifter som läromedlen innehåller, och uppgifternas grad av styrning i problemlösningssituationen.

Dessa faktabaser är naturligtvis inte fristående. Läromedlen kan ses som en fjärde nivå under läroplanernas tre, eftersom läromedlen ju skall konkretisera läroplanens ämnesambitioner. Det återstår nu att knyta ihop läroplaner och läromedel, dvs att försöka ge svar på frågorna:

"Vilka implikationer om lärostoffet och dess framställning ger läroplanerna?"

"Är läromedlen konstruerade i enlighet med implikationerna?"

Innan detta sker kan det vara lämpligt att kort sammanfatta de tidigare resultaten. För stadgor och läroplaner gör jag det i figur 13.1. För läroplanernas olika nivåer har vi alltså funnit:

a) Ideologierna går från realskolans lydige elev, över den harmoniske samhällsmedborgaren i Lgr 62 och Lgr 69, till den kritiskt granskande

Figur 13.1. Samband mellan läroplanernas nivåer i de undersökta skolformerna

IDEOLOGI OCH ALLMÄNNA MÅL

Realskola	Lgr 62 & 69	Lgr 80
Individorienterade och samhällsanpassade mål:	Individorienterade, samhällsanpassade och i viss mån samhällsförändrande mål:	Individorienterade, samhällsanpassade och till betydande del samhällsförändrande mål:
Allmänbildande kunskap	Kunskap och fostran (utveckling) som gör eleven till en harmonisk demokratisk medborgare	Kunskap och fostran som gör eleven till en aktiv kämpare för demokratin i en konfliktfylld värld
Fostran till		
- vördnad mot Gud, fosterlandet och överheten		
- frid och endräkt		

MÅL FÖR FYSIKÄMNET

Vardagens fysik Induktivt arbetssätt Historiskt perspektiv Konsekvenser för människa och miljö

STRUKTUR

VERKSAMHET

Stoffet systematiserat efter vetenskapens fysik mönster:

Allmän fysik och mätteknik
Mekanik
Värmelära och meteorologi
Ellära och magnetism
Optik
Akustik
Astronomi
Elektronik (Lgr 62, 69)
Atom- och kärnfysik (Lgr 62, 69)

Faktakärna (definitioner och samband) till ca hälften, resten fenomen och tillämpningar

5-6 vtr sammanlagt (7 vtr 1928)

Erfarenhetsanknytning
Ämnessamverkan
Experimentellt och undersökande arbetssätt
Konkret undervisning
Studiebesök

Samarbete

Individualisering
Praktisk yrkesorientering

Målformuleringar
Samhällsrelevans

Realskola

Lgr 62 & 69

Lgr 80

Stoffsystematiseringen snarare ämnesintegrativ och vardagsrelevant

Historiskt perspektiv

Inget definierat timal för fysik

Realskola, Lgr 62 & 69

Lgr 80

samhällsmedborgaren i Lgr 80 med såväl historisk återblick som vyer på framtiden.

b) **Fysikens mål** har för realskolan samt för Lgr 62 och Lgr 69 varit en allmänbildning om vardagsfysik med induktivt arbetssätt. Lgr 80 har kompletterat detta med historiskt perspektiv samt konsekvenser för människa och miljö. Detta strider ej mot (a), men redan här konvergerar de ganska olikartade ideologierna och allmänna målen mot en målbeskrivning av fysikämnet som i stort är oförändrad från skolform till skolform.

c) Skolans inre **verksamhet** innehåller därför en experimentell och undersökande fysikundervisning. Lgr 80 betonar fysikens samhällsanknytning kraftigare än andra läroplaner. De metoder som anvisas explicit är genom studiebesök och, för grundskolans del, praktisk arbetslivsorientering. Metoderna att nå fysikens mål har varit tämligen oförändrade hela tiden. En viss utvidgning av verksamhetsbeskrivningarna har dock skett i takt med motsvarande utvidgningar av målen för fysikämnet. Påverkanspilen i figur 13.1 mellan fysikideologi och verksamhet ritas därför heldragen.

d) Den grundläggande fysikundervisningens **struktur** har knappast ändrats alls. Timantalet har varit väsentligen samma med en något ökande andel gruppundervisning. (För att vara exakt så har Lgr 69 tillåtit en större andel gruppundervisning än tidigare skolformer. Om det har realiserats eller ej har varit avhängigt de resurstimmar som den enskilda skolan tilldelats.) Innehållet har till hälften varit en oförändrad faktakärna av definitioner och samband, till hälften en tillämpningsdel. Naturligtvis har en viss förnyelse skett i redovisningen av tillämpningar, men faktakärnan av definitioner och samband har varit invariant och systematiserad som i vetenskapen fysik. Områdena har andra namn i Lgr 69 - "Rörelse-kraft-arbete" i stället för "Mekanik" - men det ändrar ingenting. Lgr 80 visar en brytning med traditionen genom att inte separera de naturorienterande ämnena. Eftersom strukturen är så likartad genom åren får påverkan från nivån ovan, mål för fysikämnet, anses vara svag.

e) Växelverkan mellan struktur och verksamhet är nästan enkelriktad. En meningsfull förmedling av innehållet medger endast vissa metoder. Strukturen påverkar alltså verksamheten. På andra hållet är kopplingen betydligt svagare och härleds på sin höjd ur de senare grundskoleläroplanernas önskan att låta helhetsförståelsen gå före ämnessystematiken, även om innehållets omfång är oförändrat.

Vi lämnar figur 13.1 och går över till den sista nivån, läromedlen. Analysen av dem visar följande resultat.

f) **Innehållets omfång** är homogent avseende definitioner och samband. Den fysik som presenteras är den klassiska fysiken. Den lämpar sig måhända bäst för grundläggande undervisning, eftersom den är konkret och åskådlig. Den klassiska fysiken är ju också eventuellt fullt tillräcklig, eftersom den är tillämpbar på just den vardag, som enligt läroplanerna skall vara utgångspunkt för lärostoffet. Samtidigt motverkar det dock bilden av en vetenskap i utveckling, om 1900-talets fysik endast behandlas marginellt. Det är ju i detta sekel som det stora paradigmskiftet har ägt rum. Jag återkommer till denna diskussion i kapitel 14.

I slutet av realskoletiden och under Lgr 62 får sambanden den mest formella, algebraiska framställningen, men i Lgr 69 och Lgr 80 tillåter sig läromedelsförfattarna en lösligare, och förmodligen lättillgängligare, kvalitativ diskussion. Den moderna fysiken i form av elektronik samt atom- och kärnfysik införs på allvar i Lgr 62. Atom- och kärnfysikens förklaringsmodeller är mestadels de halvklassiska atommodellerna från 1900-talets början.

Fastän elektronik och atomfysik har utökat stoffet, så har inte de övriga grenarna vidkänts någon nämnvärd minskning i definitioner och samband. Någonstans måste man dock skära. Det har skett i fenomenen och tillämpningarna. Mekaniken har reducerats kraftigt, och inom elläran har elektrostatisken vikt för elektrodynamik och elektronik.

Tillämpningarna av idé- och teknikhistoriskt värde, som behandlades tämligen fylligt under realskoletiden och även i viss mån under Lgr 62, har fått utgå ur Lgr 69 och Lgr 80. I stället tycks läromedelsförfattarna ha haft ambitionen att redovisa aktuella tillämpningar, främst då inom elektroniken och astronomin.

Anknytningar till andra ämnen är sällsynta. En anknytning till biologin görs med behandling av ögats ljusbrytande egenskaper. I realskolans böcker förekom även en framställning av talorganets konstruktion. Geografin får också en koppling genom meteorologin, både i realskolans och grundskolans böcker.

g) **Innehållets framställning** är disciplininriktad i så gott som alla läromedel. Stoffet är strukturerat efter vetenskapens fysik mönster.

Vissa begrepp och samband, nämligen

- massa, kraft, arbete, energi;
- elektrisk laddning, spänning, ström, ledningsförmåga;
- magnetisk kraftverkan, växelverkan mellan ledare och magnetfält;

får olika framställningar. Dessa har diskuterats i kapitel 11. Någon röd tråd i ett läromedels framställning av begreppen kan ej skiljas ut.

Realskolans läromedel har emellertid en mindre variation i framställningarna och följer ofta hur motsvarande område inom vetenskapen fysik växt fram. Med Lgr 62 inleds en experimentperiod med större variation, och i Lgr 69 och Lgr 80 presenteras ellära med större tonvikt på atomära förklaringsmodeller än tidigare.

Först i läroböckernas framställning av stoffet presenteras lagar och samband via laboratorieexperiment. Därefter kommer de relevanta fenomenen och tillämpningarna. Det betyder att den allra största delen av dem, runt 90 %, får en illustrerande funktion. Fenomenen kan dock också användas till att introducera ett begrepp eller motivera studiet av vissa moment. Dessa användningar förekommer sålunda i ca 10 % av fallen, men man ser en tydlig skillnad mellan realskolans och grundskolans läromedel. Realskoleböckerna innehåller några få fenomen som introduktioner och praktiskt taget inga som motivationer. Variationen mellan läroböckernas proportionsantal är också liten. Grundskolans böcker har en betydligt större andel av introduktions- och motivationsanvändningar. Man noterar också att andelen introduktioner avtar genom grundskoleläroplanerna, medan andelen motivationer ökar. I detta avseende experimenterar grundskoleböckerna mera. Variationerna mellan läroböckernas fördelningar är där större än realskolans.

h) Läromedlen innehåller inte bara fakta utan även **uppgifter** av skilda slag. Jag undersöker fördelningarna av följande uppgiftskategorier:

- proportionerna kvalitativa/kvantitativa experimentella uppgifter;
- proportionerna undersökande/verifierande uppgifter;
- proportionerna teoretiska/experimentella undersökande uppgifter;
- proportionerna kvalitativa/kvantitativa färdighetstränande teoretiska uppgifter.

Resultaten visas i figurerna 12.1-12.3 och kommenteras utförligt i anslutning till dem. I den översiktliga framställning som följer bortser jag från de verifierande uppgifterna, eftersom deras andel är försumbar.

Det går en generell skiljelinje mellan realskolans och grundskolans läromedel. Realskolans experimentella uppgifter (väsentligen laborationer) var till ca hälften kvantitativa, dvs avsåg leda till ett numeriskt eller algebraiskt svar. I grundskoleböckerna sjunker andelen till runt 30 %. Resultaten tillåts i större utsträckning vara kvalitativa, "resonerande". Grundskoleböckerna tillhandahåller också en större andel teoretiska undersökande uppgifter, ca 25 % mot realskolans 10 %. Dessa övningar kan avse studium av annan litteratur, men också struktureringsövningar på lärobokens text.

Den mest dramatiska förskjutningen ligger dock i hur de färdighets-tränande teoretiska uppgifterna fördelar sig. Efter en variationsrik inledning i 1905 års böcker omfattar den kvantitativa kategorin, räkne-uppgifter, drygt 80 % i böckerna enligt 1928 och 1933 års stadga. Andelen faller med grundskolans införande. Efter stor variation i Lgr 62 stabiliserar sig andelen på ca 25 % i Lgr 69 och Lgr 80. Det absoluta antalet kvantitativa uppgifter är oförändrat i Lgr 69 och Lgr 80, jämfört med realskolans läromedel, och förskjutningen härrör från utbildningsteknologins instuderingsfrågor. Från och med Lgr 69 har samtliga läromedel en arbetsbok med uppgifter av alla slag, antingen fristående eller integrerad i faktaboken.

Problemlösningssituationen har varit hårt styrd. I stort sett 10 av 11 av de undersökande (eller verifierande) experimentella uppgifterna har ej låtit eleverna själva designa uppgiftens genomförande. Styrningsgraden har snarast ökat från realskolan till grundskolan.

13.2. Samband mellan stadgor/läroplaner och läromedel

Hur skall då ett läromedel vara konstruerat för att stämma med läroplanens intentioner? Man kan naturligtvis tänka sig att undersöka kopplingarna mellan i tur och ordning läroplansanalysens tre nivåer och läromedlens utformning. Här begränsar jag mig till att jämföra de implikationer, som struktur- och verksamhetsbeskrivningarna ger upphov till, med vad läromedlen faktiskt innehåller. Struktur- och verksamhetsnivån är den nivå som innehåller de största inslagen av regelstyrning och de ämnesmässigt mest detaljerade formuleringarna, varför kopplingarna till läromedlen bör vara starkast här. Man måste vara medveten om att detta kan ge en konserverativare bild än nödvändigt. Vi har sett (kap 8 och 9) att formuleringarna konvergerar ju lägre nivå i stadgor/läroplaner vi betraktar. De avsevärt skiljaktiga allmänna målen kanske implicerar andra läromedel än vad struktur- och verksamhetsbeskrivningarna gör. Jag vill därför ej försumma att lägga synpunkter på kopplingarna mellan allmänna mål, fysikmål och läromedel, men jag sparar dem till kapitel 14, där jag redovisar en samhällelig bakgrund till stadgornas och läroplanernas förändringar.

På nästa sida redovisar jag jämförelsen mellan struktur/verksamhetsbeskrivningar och läromedel. Man noterar, att stadgornas och läroplanernas

**STRUKTURBESKRIVNING I
LÄROPLANER OCH STADGOR**
LÄROMEDLEN
Realskola, Lgr 62 & 69

Stoffet strukturerat efter
vetenskapens fysik mönster:
allmän fysik, mekanik, ...

Stoffet strukturerat efter vetenskapens fysik mönster.
I Lgr 62 sammanknyts akustiken med elläran för att i till-
lämningsdelen kunna lägga tonvikten vid de ljudöverförande
och ljudregistrerande instrumenten telefon, mikrofön, hörtele-
fon, högtalare, grammofon, bandspelare och ljudfilm.
I Lgr 69 en omdöpning av de traditionella områdena till "Tid
och rum", "Rörelse, kraft och arbete", "Väder och vind" etc
(Supplement Oä högst s 70-74, 1969)

Lgr 80

Ämnesintegrativ och vardags-
relevant strukturering av stoffet

Skilda läromedel i fysik, kemi, biologi och teknik. Strukturering
efter vetenskapens fysik mönster. En viss återgång till de
gamla rubrikerna "Mekanik", "Ellära", ...

Historiskt perspektiv

Saknas i stort sett

**VERKSAMHETSBEKRIVNING I
LÄROPLANER OCH STADGOR**
LÄROMEDLEN
Realskola

Erfarenhetsanknytning

Fenomen och tillämpningar används som illustrationer. Begrepp
introduceras med försök, gjorda med laborationsmateriel

Ämnessamverkan

Begränsad

Experimentellt och undersökande
arbetssätt

Begrepp och samband motiveras experimentellt, ej med teoretiska
överbägganden. Liten andel verifierande uppgifter

Lgr 62 & 69

Som ovan realskolan

Som ovan realskolan, men en ökad erfarenhetsanknytning genom
dels en ökad andel introducerande fenomen, dels en aktualise-
ring av stoffet

Individualisering

Ett bredare spektrum av arbetsuppgifter tillhandahålls. Eleven
kan arbeta mera på egen hand. Uppgifterna är dock oftast hårt
styrda, så han kan inte välja sin framställning av uppgiftens
lösning i någon större grad. Däremot kan en individualisering
ske genom valet av uppgifter

Yrkesorientering

Perifer (i form av att elektromagnetiska lyftkranar används
i skrothantering, elsvetsens uppbyggnad, ...)

Lgr 80

Som ovan realskola, Lgr 62 & 69

Som ovan realskola, Lgr 62 & 69

Förtydligande av mål

Möjligen genom en större andel motiverande fenomen och till-
lämpningar

Samhällsrelevans

Möjligen genom ett aktuellt stoff i energifrågor, elektronik,
atom- och kärnfysik samt astronomi

strukturbeskrivningar i början föreskriver en "minivetenskap", mest lämpad som grund för fortsatta studier. Läromedlen omfattar också denna syn. Läroplanerna utvecklas sedan mot en helhetssyn på de naturorienterande ämnena som "orientering i den naturvetenskapliga vardagen". Läromedlen håller däremot kvar vid "orientering om vetenskapen fysik" och fjärrmar sig därmed från läroplanens intentioner.

Samstämmigheten mellan stadgornas/läroplanernas verksamhetsbeskrivningar och läromedlen är redan från början ofullständig. Efter hand utvidgas verksamhetsbeskrivningarna, men läromedlen följer knappast med. Hela tiden håller läromedlen distans till stadgor och läroplaner.

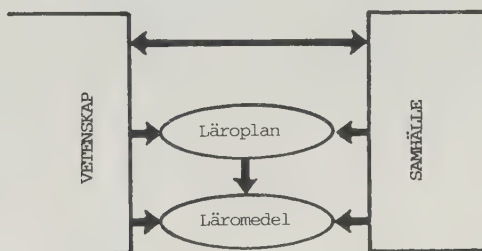
Dessa slutsatser återkommer jag till i den avslutande diskussionen. Här i avhandlingens andra del har jag redovisat framför allt stoffet i läromedlen i stor detalj. Denna katalog är i viss mån fristående. Den visar fysikundervisningens **vad** i realskola och grundskola (samt vissa aspekter på **hur**). Sammanfattningen i föreliggande kapitel ger en mera samlad bild, som kan användas i en diskussion av undervisningens **varför**. Det sker i avhandlingens tredje del, där jag dels sätter stadgornas och läroplanernas utveckling i ett samhällsperspektiv, dels ställer några hypoteser om varför läromedlens framställning av stoffet är den redovisade samt avslutar med ett alternativ.

DEL III. DISKUSSION

14. DISKUSSION OCH SYNTESFÖRSÖK

14.1. Diskussion om urvalsprinciperna bakom realskolans och grundskolans fysikinnehåll

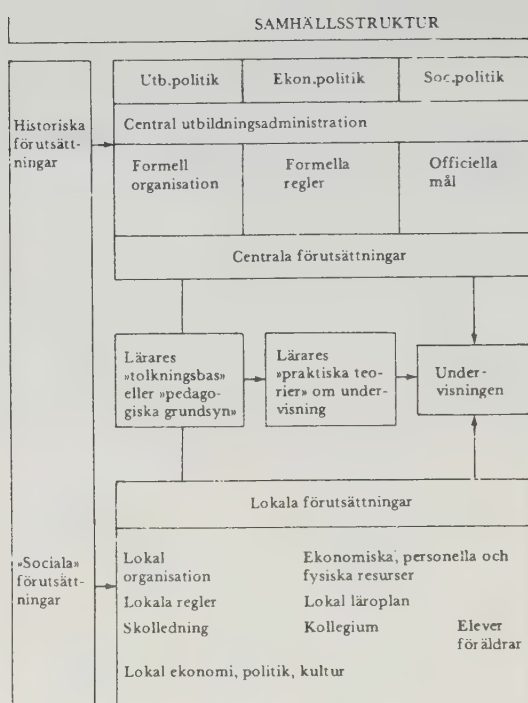
Jag har nu kartlagt karakteristika för vad som ansetts vara skolkunskap i fysik under innevarande sekel. Det återstår att försöka förstå varför just dessa karakteristika realiserats, vilket ekvivalent betyder att belysa de faktorer, vilka bestämmer urvalet av värderingar och stoff på olika nivåer.



Figur 14.1. Påverkansmodell för läroplaner och läromedel, första approximationen

Läroplaner och läromedel påverkas dels av vetenskapliga och dels av samhällseliga krafter, som den grova modellen i figur 14.1 visar. Begreppet "vetenskap" innehåller självfallet ej enbart disciplinen fysik utan också beteendevetenskaperna. Begreppet "samhälle" är inte blott mångsidigt utan även vagt. Samhället påverkar undervisningsprocessen på åtskilliga sätt. Svingby (1982a) har en mera strukturerad modell. Hon diskuterar på s 50 ff Lundgrens tre samhällseliga styrssystem (det vägledande målsystemet, det begränsande ramsystemet samt det reglerande formella regelsystemet; Lundgren, 1977), varefter hon vidarutvecklar dessa till en egen modell för påverkan av undervisningen (ibid, s 56). Den återges på nästa sida i figur 14.2. Där ligger läroplaner i de centrala förutsättningarna. Läromedlen är konkretionen här och nu, varför de är kopplade till lärarnas pedagogiska grundsyn (se även Svingby i Lundgren m fl, 1982, s 203).

Läroplanen är enligt Lundgren en komponent i det vägledande målsystemet. Med "läroplan" menar han dels det konkreta läroplansdokumentet,



Figur 14.2. Modell för påverkan av undervisningen (Svingby, 1982a, s 56)

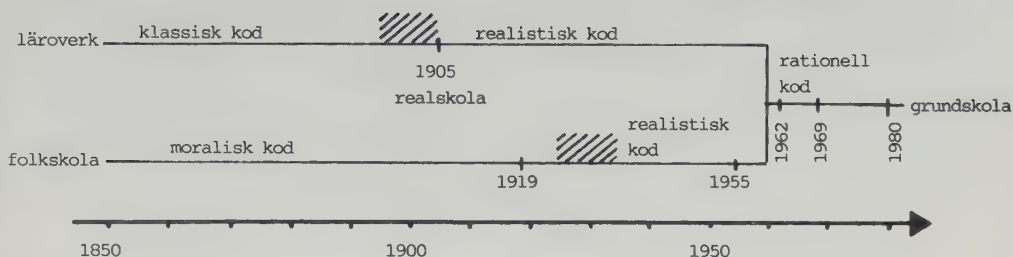
dels den filosofi och de föreställningar som ligger bakom och i dokumentet och dess konkreta konsekvenser. Lundgren har identifierat strukturer i läroplanen, **läroplanskoder**, vilka avlöser varandra i tiden och stundtals existerar parallellt (Lundgren, 1981). Han definierar fyra läroplanskoder:

1. Den **klassiska koden** innebär en betoning av humaniora och studium av klassiska språk. Studiet av latin och grekiska ansågs ge moralisk träning samt öva intellektet och minnet.

2. I de **realistiska koden** betonas naturvetenskaper, moderna språk och samhällsvetenskaper mera. Undervisningen skall ha en allmänbildande funktion och en nyttoinriktning.

3. Bakom folkskolans läroplan, första gången 1842, ligger en **moralisk kod**. Den kan ses som uppbyggd av följande komponenter:

- grunderna är Gud och fäderneslandet;
- ämnena skall vara baskunskaper: färdighet i skrivning, räkning och läsning - Luthers lilla katekes med förklaringar - insikt i biblisk historia och fäderneslandets historia;



Figur 14.3. Läroplanskoder i den svenska skolan enligt Lundgren (1981)

- målet är träning av moralen inom den lutherska tros- och moraluppfattningen, kombinerad med kunskap om fäderneslandet.

4. Den fjärde och sista koden är, enligt Lundgren, den **rationella koden** med grunddragen:

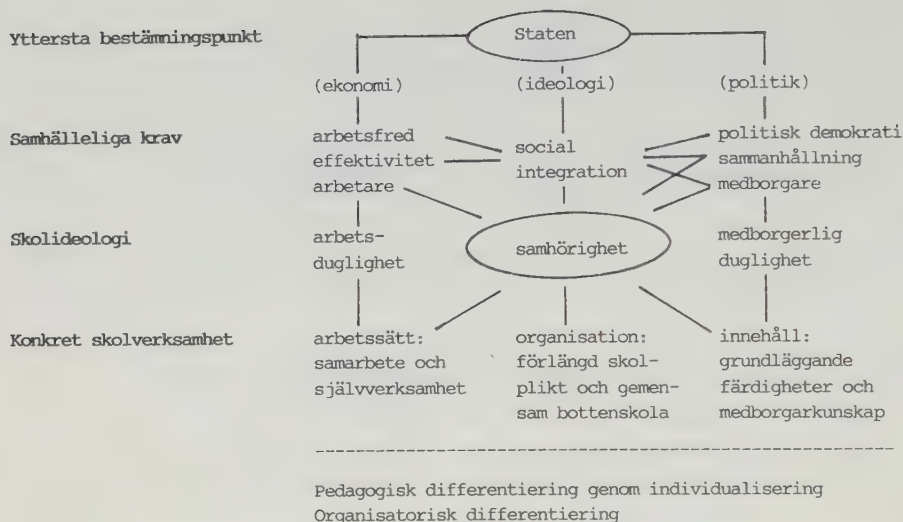
- en pragmatisk grund, nämligen att en läroplan skall bygga på kunskaper som individ och samhälle har nytta av;
- ett intresse för individen;
- en rationell länk mellan utbildningspolitik och vetenskap (med en positivistisk vetenskapssyn).

I figur 14.3 visas en placering av koderna längs en tidsaxel. Englund (1986) har arbetat vidare med kodbegreppet. Han argumenterar för att den moraliska och den realistiska kodens inflytanden på 1919 års undervisningsreform var försumbara. I stället anser han, att 1919 års undervisningsplan definierar en **medborgerlig läroplanskod**. Den skiljer sig från de tidigare genom sitt samhälleliga perspektiv, vars konsekvenser jag skall skissera. Den medborgerliga läroplanskoden föranleds av att

- den allmänna rösträtten slår igenom, varför de olika politiska partierna måste ges ett kompromissinflytande över skolans mål och innehåll;

- alla barn skall gå i samma grundläggande skola.

Den industriella kapitalismen medförde en avsaknad av gemensamhetskänsla och en gryende skillnad mellan socialklasserna, något som skulle motverkas av skolans sociala fostran. En samhörighet skulle främjas. Där emot rådde det inte någon enighet om hur det skulle ske. Inom målet "en skola för alla" kunde skilda legitimeringsprinciper, konceptioner, utvecklas (se även nedan). Mellan dessa konceptioners intentioner skapas ett spänningsfält. En modell för den medborgerliga läroplanskoden visas



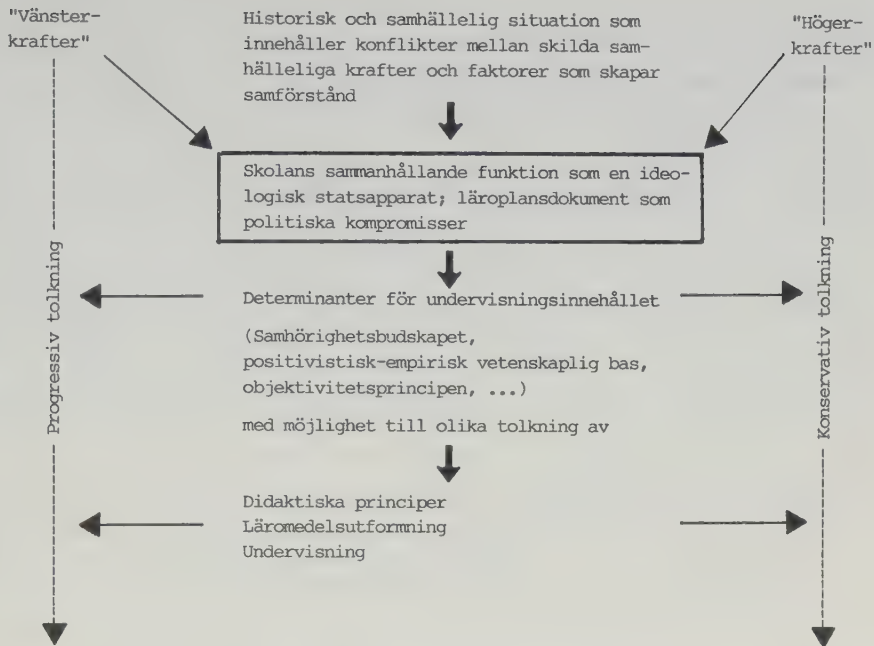
Figur 14.4. Den medborgerliga läroplanskoden (Englund, 1986, s 121)

i figur 14.4 (Englund, 1986; min översättning). Lundgrens rationella kod

"... must be regarded as a historically and socially conditioned, temporary code within the framework of a society in which different social forces at work in its political democracy can influence the content and structure of public education." (Englund, 1986, s 109)

Momentant kan dessa samhälleliga krafter vara överens om en vetenskapligt rationell syn på utbildning och läroplan. För att få ett perspektiv på överenskommelsen måste man spåra kodens bestämmande faktorer till de fundamentala villkor som gällde i politiken och i utbildningsväsendet. 1900-talets läroplaner har utformats som kompromisser mellan olika politiska ideologiers (konservatism, liberalism, socialism) syn på skolan och dess roll i samhället. På s 191-194 (ibid) redovisar Englund en analysmodell för hur tolkningsutrymmet bestäms, konkretiserad i figur 14.5 (Englund, 1986, s 192; min översättning).

Samhället rymmer en konflikt mellan utbildning som samhällelig integration och som samhällelig förändring. Englund anser att spänningen koncentrerats inom skolans samhällsorienterande undervisning och granskar dess determinanter från 1919 fram till dagens Lgr 80. Avslutningsvis särskiljer han tre perioder inom svensk utbildningspolitik och diskuterar dessa i termer av de då dominerande uppfattningarna (konceptionerna) om utbildning. Eftersom hans diskussion kan tillämpas även på resultaten i denna avhandling gör jag en schematisk sammanställning.



Figur 14.5. En analysmodell för hur tolkningsutrymmet bestäms (Englund, 1986, s 192)

FÖRSTA PERIODEN: Slutet av 1800-talet - 1927 års skolreform

Dominerande konception: Patriarkalisk

Formell demokratisyn: demokratin accepteras, men det ledande skiktet är en elit som skall väljas med andra medel än demokratis.

Jämlikhet i ett fåtal grundläggande rättigheter.

Bilden av samhället som en organism: organismen samhället är överordnad de individuella medlemmarna, vilka var och en har sin roll att spela.

Utbildningsfilosofi för folkskolan

Reformpedagogik: "Arbeitsschule", där eleven skall läras att underordna sina intressen gentemot allmännyttan och landets intressen - en medborgarundervisning för elevens anpassning till staten. Ett intresse för barns och ungdomars utveckling.

Samhälleliga bakgrundsfaktorer

Liberalerna och socialdemokraterna strävade efter att ändra folkets utbildningssituation för att integrera individerna i det kapitalistiskt-demokratiska samhället. De formulerade tre krav:

- folkskolesystem på heltid med obligatorisk fortsättningsskola;
- ett sekulariserat lärostoff, inriktat mot medborgerligt nyttig kunskap;
- möjlighet till övergång för eleverna från folkskolan till andra skolformer.

Även de styrande konservativa gillade dessa principer, och industrins företrädare önskade ett skolsystem som fostrade morgondagens arbetare.

1919 års skolreform genomförde de två första kraven. Övergångsmöjlighet till realskolan mötte det tredje.

1920-talet karakteriserades av konservatism och nationalistisk samhörighet.

ANDRA PERIODEN: 1946 - 1962**Dominerande konception: Vetenskapligt-rationell**

Funktionalistisk demokratisyn: eliten får rätt att fatta politiska beslut genom att tävla om folkets röster.

Jämlikhet i rättigheter.

Synen på samhället som en öppen marknad: samhällets övriga institutioner och organisationer måste rätta sig efter de ekonomiska krav, som produktionen och marknaden ställer.

Utbildningsfilosofi för folk- respektive grundskolan

Mål och riktlinjer i Lgr 62 (och 69) får en progressivistisk inriktning, där individen och hans sociala kontext sätts i centrum. Eleven utvecklas genom växelverkan med omgivningen.

Kursplanerna präglas av essentialism, en utbildningsfilosofi som baserar sig på en teknologisk kultur och som hävdar att skolkunskapen skall utgå från de traditionella skol-ämnena.

Mellan de progressivistiska målen och de essentialistiska kursplanerna skapas en spänning.

Samhälleliga bakgrundsfaktorer

Mot slutet av andra världskriget ändrar sig kulturklimatet. Målet blir demokratis överlevnad. Skolan skulle garantera denna genom att fostra demokratiska medborgare.

1946 års skolkommision och 1950 års proposition om utbildningspolitiken fastslog att

- skolan skall lägga grunden för utvecklandet av ett samhälle, baserat på medborgarnas egna insikter och önskninagar;

- undervisningen skall vila på objektiv vetenskaplig grund (vetenskapen är mänsklig-hetens tjänare, och problemlösning övergår från politiker till experter).

TREDJE PERIODEN: 1970 - pågående**Dominerande konception: Demokratisk**

Normativ demokratisyn: alla medborgare har rättighet och skyldighet att delta aktivt i den demokratiska beslutsprocessen;

Jämlikhet i resultat;

Synen på samhället som "människans rättigheter", i vilket finns en konflikt mellan den begränsande föreställningen om individens rättigheter och den universella föreställningen om mänskligt broderskap.

Utbildningsfilosofi för grundskolan

I Lgr 80 finner man rekonstruktivistiska drag. Rekonstruktivismen har utvecklats ur progressivismen och anser att skolans arbete skall inriktas mot en fördjupad demokratise-ring. Samhället är fyllt av konflikter, och rekonstruktivismen betonar vikten av elevens kritiska tänkande och kreativitet. Viktiga ämnen är orienteringsämnena, men även sådana ämnen som betonar kreativiteten. Dessa drag återfinns i Lgr 80:s formuleringar, där man strävar efter att knyta de allmänna målen till skolans dagliga arbete och undervisningens innehåll.

Samhälleliga bakgrundsfaktorer

En reaktion mot 60-talets skola från bl a LO och det socialdemokratiska partiet, vilka uttalade krav på en förändring av skolan:

- effektiv samhälls- och naturorientering;
- goda kommunikationsfärdigheter för alla elever;
- ökat elevansvar;
- närmare kontakt skolan-arbetslivet;
- bättre information om den fackliga rörelsen.

Första hälften av 1970-talet försökte man förändra skolan genom en essentialistisk utbildningsteknologi (MUT, ...). Senare gjordes en kognitivistisk ansats som utvecklades mot rekonstruktivism.

Med denna sammanställning ur Englund (1986) har förhoppningsvis stadgornas/läroplanernas ideologier och allmänna mål (avdelning 8.5) systematiserats och satts in i ett samhällsperspektiv.

Realskolans målsättning för fysikämnet, att ge eleverna en allmänbildande orientering om vetenskapen fysik, har under grundskoletiden ändrats till att individen skall få hjälp att aktivt orientera sig i och ta ställning till den tekniskt-naturvetenskapliga vardagen: en medborgerlig kompetens (se avdelning 8.5 och även avdelning 14.3). Vi kan se även stadgornas/läroplanernas mål för fysikämnet i ljuset av de tre periodernas utbildningsfilosofier.

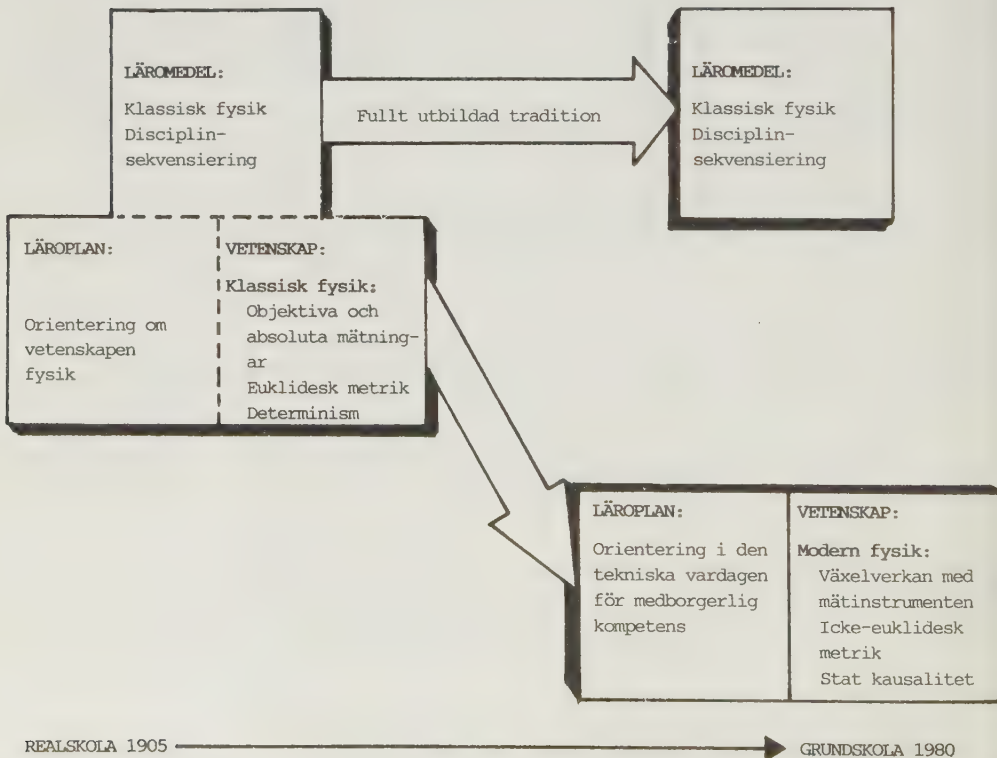
Första periodens utbildningsfilosofi är visserligen härledd för folkskolan, men den patriarkaliska konceptionen dominerar även realskolans ideologi. Också realskolans fysik skall ge en medborgerlig allmänbildning. Däremot är fysikämnets innehåll i realskolan större och mera strukturerat än folkskolans (se 1919 års undervisningsplan för rikets folkskolor, s 79-81, s 93-95, s 97-100), eftersom realskoleelevens medborgerliga roll i samhället kunde förväntas vara annorlunda och möjligen "högre" än folkskoleelevens.

Lgr 62:s och Lgr 69:s progressivistiska övergripande inriktning har ingen motsvarighet i kursplanerna. Vetenskapen fysik är problemfri och mänsklighetens välgörare. Fysik är ett väldefinierat skolämne, och Lgr 62 argumenterar explicit mot en integration av de naturorienterande ämnena (Lgr 62, s 216). Formuleringarna i Lgr 69 rymmer en möjlighet till integration (Lgr 69, s 170-172), men längre fram (ibid, s 197-198) behandlas mål och huvudmoment separat för fysikämnet. Supplementet Oä H (1969) diskuterar samlade arbetsområden, men ett supplement har inte nödvändigtvis samma normativa status som läroplansdokumentet avseende undervisningens allmänna inriktning. Resultaten i avhandlingens kap 10 och 11 visar också, att läroboksförfattarna tagit fasta på de ämnesbundna områdena i stället. Lgr 62 och Lgr 69 innehåller alltså en inbyggd spänning mellan de progressivistiska målen och de essentialistiska kursplanerna.

Den senaste grundskoleläroplanen, Lgr 80, är mera enhetlig. Den syftar till en målstyrning av skolan, till skillnad från Lgr 62:s och Lgr 69:s regelstyrning. Undervisningen i de naturorienterande ämnena skall i Lgr 80 ge en tillämpbar kunskap, riktad mot en medborgerlig kompetens i betydelsen "kunnig, kreativ och ifrågasättande medborgare i ett demokratiskt samhälle". Fysik, kemi, biologi och teknik hålls samman, även om läroplanen ej helt tar avstånd från ämnesindeldad undervisning (Lgr 80,

s 41). Argumenteringen för att en ämnesintegrerad undervisning lättare främjar målens uppfyllande är dock detaljerad (Lgr 80, s 41-42). Såväl allmänna mål som målen för de naturorienterande ämnena har, med Englunds (1986) terminologi, rekonstruktivistiska drag.

Inom vetenskapen fysik har det tjugonde århundradet sett ett paradigmskifte. Den klassiska fysiken, karakteriserad av absoluta och objektiva mätningar, en euklidesk metrik för rum-tid-beskrivningen samt determinism, har vikt tillbaka för den moderna fysiken med växelverkan objekt-mätinstrument, icke-euklidesk metrik för rum och tid samt en statistisk kausalitet (se även avd 2.1). I realskolans och grundskolans läromedel har däremot fysiken fått en invariant framställning. Definitioner och samband har varit samma, medan en anpassning av fenomenen och tillämpningarna till den tekniska utvecklingen kan spåras (kap 10). Proportionerna mellan teori och tillämpningar har varit stabila. Fysiken har framstått som ett isolerat ämne med ringa anknytning till andra ämnen. Stoffets sekvensi-

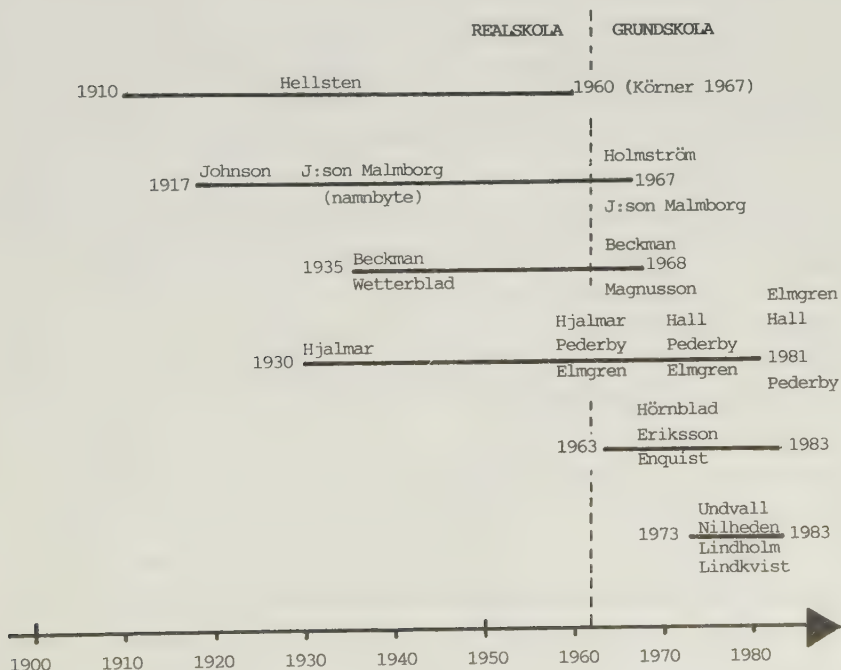


Figur 14.6. Läromedlens gradvisa separation från sina fundament, läroplan och vetenskap

ering ansluter till vetenskapens, och framställningen har genomgående skett genom att ett experiment med laboratoriemateriel har belyst ett samband, vilket sedan illustrerats med praktiska tillämpningar. En skilljelinje mellan realskolans och grundskolans läromedel definieras dock av elevuppgifterna. Medan realskolan tillhandahöll kvantitativa laborationer och räkneuppgifter, så är grundskolans laborationer mera kvalitativt inriktade, och uppgifterna domineras av instuderingsfrågor på stoffet. Essentialismen lever kvar i stoffurvalet, medan man ser ett progressivistiskt genomslag i uppgifternas utformning. Sammanfattningsvis - och litet tillspetsat! - kan man dock säga, att dagens fysikläromedel var färdigt på 1920-talet. Läromedlens gradvisa separation från läroplanens intentioner och vetenskapens fysik utveckling sammanfattas i figur 14.6.

Den starkaste påverkansfaktorn på läromedlens urval av stoff är alltså traditionen. Politiska intentioner och vetenskapens turbulens har haft ringa inverkan. Kan vi förstå detta?

Under realskoletiden växte lärobokstraditionen fram och etablerades. Läroverksstadgans fysikmål, läroböckerna och vetenskapen stämde överens. Några läromedel dominerar med en upplageperiod, som i ett par fall sträc-



Figur 14.7. Läromedelsserier i fysik

ker sig över femtio år (se figur 14.7). De omarbetningar, som gjordes av dem, bestod huvudsakligen av inbördes omplaceringar av stoffet.

När grundskolan infördes borde det ha kunnat bli en ändring av läroböckerna, men så skedde ej. Man kan visserligen urskilja två experimentperioder. Den första inträffade vid början av Lgr 62-perioden. Några författare tolkade läroplanen och skrev böcker, som i viss mån avvek från traditionen (ex vis Elvegård, 1964-1966, med en delning av boken för åk 7 och åk 8 i en grundavdelning och en fördjupningsavdelning). Uppläggningsen och stoffurvalet vilade dock inte på någon urskiljbar teori. När Lgr 69 infördes började den andra experimentperioden. Den behaviouristiska inlärningsteorin födde en del hårt programmerade läromedel (Sveriges Radio, NO, 1970-1972; Att förstå fysik, 1973-1977; Jansson & Ramström, 1971-1972). Det i avd 11.1 beskrivna läromedlet UNO, med sin inriktning dels på samspelet fysik-människa-samhälle, dels på den naturvetenskapliga processen tillhör också experimentperioden. Såväl den första som den andra periodens aparta läromedel utkom i en, högst två upplagor. Mera traditionsanpassade läromedel överlevde och utkom i en serie av bearbetningar (se figur 14.7, än en gång).

Nu uppkommer två frågor:

- Varför fortsatte realskolans läromedelstradition på grundskolan?
- Varför har den moderna fysiken påverkat stoffurvalet i så ringa utsträckning?

Frågorna är naturligtvis inte frikopplade från varandra, men jag behandlar dem var för sig, eftersom jag har diskuterat läroplanerna och vetenskapen som två separata påverkansfaktorer. Nedan ställer jag ett antal hypoteser som försök till svar. De litteraturanvisningar som anges innehåller tankegångar, vilka kan stödja hypotesen. Hypoteserna är i viss mån "common-sense"-hypoteser. De hade kanske sett annorlunda ut eller i alla fall haft större tyngd, om de varit mera förankrade i läroplansteoretisk forskning. Så har jag ej gjort här utan anser att det skulle kunna vara ett led i en eventuell fortsättning av avhandlingen, innehållande en prövning av hypoteserna.

A. VARFÖR FICK DE TRADITIONSANPASSADE LÄROMEDLEN EN FORTSÄTTNING PÅ GRUNDSKOLAN, MED LÅNGA UTGIVNINGSPERIODER ÄVEN DÄR?

Hypotes A.1: Tävlingen mot realskolan. Lgr 62 föregicks av en omfattande försöksverksamhet. Föräldrar, elever och många lärare överförde målsättningsarna från realskolan till enhetsskolan och krävde jämförbarhet

i resultat. Även skolöverstyrelsen initierade vetenskapliga undersökningar som jämförde skolformerna. Så sent som 1962 publicerade Nils-Erik Svensson en longitudinell jämförande kunskapsundersökning med inriktning mot differenteringsaspekten. Det verkar vara ett rimligt antagande, att även när den obligatoriska grundskolan var införd så fanns det - åtminstone initialt - ett tryck på och en vilja hos lärarna att "leva upp till realskolans standard". Ett medel i denna strävan är att välja realskoleliknande läromedel. (Egidius, 1968, s 108; Marklund, 1970, s 46-48, 62-68, 72-75; Svingby, 1982, s 138-142)

Hypotes A.2: Kursföreskrifternas traditionalism. Som visats ovan präglades läroplanens huvudmoment och kursplaneförslag av ett realskolans närslutande stoffurval och sekvensiering. För de läroboksförfattare, vilka kände osäkerhet inför den nya skolformen eller sökte en legitimering av sin realskoleinriktning, torde det vara lättare att anamma ett konkret kursplaneförslag än de mera abstrakt formulerade övergripande målen och riktlinjerna. (Svingby, 1982, s 156-157, 181-191)

Hypotes A.3: Förlagens lönsamhetskrav. Ett litet antal av läromedelsförlagen är fåmansföretag, medan majoriteten är stora. Utgivandet av en bok involverar där en stor stab av befattningshavare: redaktörer som läser och redigerar, grafiska formgivare, marknadsförare och ekonomer. Holmström & Runnquist (1971) anmärker (s 98):

"Böcker för undervisningen är ett av de viktigaste områdena i den svenska bokutgivningen, både kulturellt och ekonomiskt. Verksamheten har periodvis varit lönande, genom att framgångsrika böcker kunnat framställas i mycket långa serier, framför allt sådana som vänt sig till de lägre skolstadierna.

Samtidigt utmärks emellertid numera utgivningen av skolböcker av stor osäkerhet. Undervisningssystemet har flera gånger efter kriget reformerats i grunden och undervisningsplanerna har ideligen ändrats. Det har gjorts att läroboksförlagen, ofta med mycket sent varsel, ha fått ändra på sina böcker eller förbereda nya, samtidigt som de fått makulera stora upplagor av böcker som kommit ur bruk."

Det torde vara klart, att försäljningssiffrorna bestämmer ett läromedels överlevnadstid. Det är lärare som väljer vilka böcker som skall köpas. Lortie (1975) argumenterar i sin studie att läraryrkets bakgrundsfaktorer gynnar tre karakteristika hos läraren: konservatism, individualism och nutänkande. (Lortie diskuterar utgående från förhållanden i USA, men hans argument är tillämpliga även på den svenska situationen.) Alla dessa tre karakteristika kan påverka ett traditionellt läromedelsval:

- konservatism: läraren väljer ett läromedel, som liknar det han har mött i sin egen utbildning från starten till universitetsutbildningen;
- individualism: ett traditionsbrytande läromedel ställer kanske

krav på samarbete med kolleger eller ökad elevmedverkan, vilket hotar lärarens autonoma status;

- nutänkande: föräldrar och elever är ofta minst lika konservativa i sina krav på skolan. Om läraren väljer ett "gammalt hederligt läromedel", där föräldrar - och elever! - känner igen sig, möts han kanske av större omedelbar uppskattning än om han försökte sig på en alternativ framställning.

Sammantaget med förlagens lönsamhetskrav förstår man varför "annorlunda" läromedel bara får en chans! (Holmström & Runnquist, 1971, s 58-100; Lortie, 1975)

Kommen så här långt, kan man anmärka att ännu har ingenting sagts som är specifikt för skolämnet fysik. Möjligen kan man säga, att samhällets ekonomiska utveckling gav fysiken en särskild roll, som framtvingade tävlingen mot realskolan, hypotes A.1. Hypoteserna är i övrigt lika tillämpliga på andra skolämnena, men där har förändringar skett (ex vis matematik: Kilborn m fl, 1977; Johansson & Kilborn, i Marton, 1986). Det återstår alltså att försöka förstå just fysikämnets invarians, och det handlar de två resterande hypoteserna om.

Hypotes A.4: Fysikmaterielen. Fysikundervisningen skall bygga på experiment, demonstrerade eller laborerade. En alternativ, kanske mera fenomeninriktad och omvärldsanknuten framställning av fysiken, skulle möjligen kräva en annan uppsättning experimentmateriel. Men sådan materiel är dyr. En fysikinstitution kostade vid grundskolans införande kanske hundra tusen kronor att bygga upp. I dag ligger summan snarare i närheten av en halv till tre kvarts miljon kronor. Av ekonomiska skäl är ett utbyte av materiel ogörligt. Stoffets nya framställning får sålunda bygga på traditionell experimentmateriel, men kombinationerna och urvalet av dem bygger på konventionella demonstrationer och laborationer. Utrustningen i skolornas fysikmaterielrum är en ekonomisk styrfaktor, som i varje fall inte underlättar en alternativ fysikundervisning.

Hypotes A.5: Elfenbenstornsfaktorn. Med denna något tillspetsade rubrik menar jag att fysiken så långt fram som åtminstone sextioalet ut sågs som en mönstervetenskap, höjd över samhälleliga bekymmer. Fysiken producerade objektiva sanningar och var oberörd av politiska intentioner (Ohms lag gäller oförändrad under såväl liberala, konservativa som socialistiska regeringar). Först senare vann en kritisk och samhällsrelaterad syn på fysiken terräng, stödd av vetenskapsteoretikernas framställningar

av vetenskapliga teorier som värdeladdade (Kuhn, Popper, Sneed, ...). Elfenbenstornsfaktorn som hypotes finner stöd i både inre och yttre omständigheter.

De inre omständigheterna rör fysiken som vetenskap. Enligt den dominerande, positivist-empiristiska, synen är fysiken en värdeneutral och nomotetisk vetenskap. Med en hypotetisk-deduktiv process som bakgrund skapas kunskap genom vetenskapliga försök, på vilka kraven är kontroll, eller i alla fall överblick, över möjliga påverkansfaktorer, så att man kan få reproducerbara resultat. Vidare är fysiken en laboratorievetenskap, där man primärt arbetar med apparater, inte med människor.

Utvecklingen av undervisningsväsendet konstituerar de yttre omständigheterna. Som nämnts ovan i samband med den rationella och den medborgarliga läroplanskoden respektive den vetenskapligt-rationella konceptionen, betonade Lgr 62 en expertorientering av samhällets - och därmed skolans - process, krav på objektivitet och en positivist-empiristisk vetenskapssyn (där fysiken låg som norm).

Tillsammans verkar dessa omständigheter som underlättare av ett bibehållande av den traditionella lärokursen i fysik. (Englund, 1986; Hansson, 1980; Sjöberg, 1979, s 17-31)

Av dessa hypoteser är nummer fem den tunga. Den lyfter fram det unika i fysikämnet och kan anses legitimera de andra fyra hypoteserna.

B. VARFÖR PÅVERKADES INNEHÅLLET I SÅ RINGA GRAD AV DEN MODERNA FYSIKEN?

Hypotes B.1: Läromedelsförfattarnas bakgrund. Traditionen utbildades under tidig realskoletid. Författarna till de långa läroboksserierna läste själva fysik under seklets början, då den klassiska fysikens paradigm i huvudsak gällde. Flertalet hade också högre akademiska examina, dvs en fördjupad vetenskaplig skolning inom klassisk fysik:

- Anna Beckman, f 1885-07-10. FK 1907, FL 1911, FD 1937;
- Carl-Gustaf Hellsten, f 1875-05-18. FK 1901;
- Elis Hjalmar, f 1891-02-27. FK 1912, FM 1913, FL 1922, FD och doc 1923;
- Ivar J:son Malmberg, f 1884-02-12. FM 1905, FL 1914;
- Torsten Wetterblad, f 1891-11-03. FM 1914, FL 1919, FD och doc 1924.

Såväl Beckmans som Hjalmar och Wetterblads avhandlingar rörde spektrometri. Beckman och Wetterblad hade även gjort arbeten inom klassisk elektrodynamik. Vidare förenade de sina författarskap med lärartjänster, huvudsakligen på läroverk. Rimligtvis bör den fysik som de pre-

senterade i sina läroböcker vara vald från det område som de behärskade bäst, den klassiska fysiken. (Beckman, 1937; Hjalmar, 1923; Wetterblad, 1924; bibliografiska uppgifter ur Gejrot, Räf & Sandén, 1946; Henriksson & Hallberg, 1924; Svenska män och kvinnor, 1942; Svensk Uppslagsbok, 1949)

Hypotes B.2: Abstraktionsfaktorn. Eleverna skall få en tillämpbar kunskap i fysik, och en tillämpbar fysik innebär en förstådd fysik. Förståelsen kan på realskolan respektive grundskolans högstadium inte stödja sig på matematik utan måste bygga på konkreta modeller. Det kan gå inom den klassiska fysiken, som behandlar just den påtagliga världen - inte för litet, och inte för fort.

Det som emellertid initierade den moderna fysiken var inkonsekvenser i den klassiska. Modern fysik leder till slutsatser som stundtals strider mot "sunt förnuft" (ex vis tunneleffekten, relativt tidsbegrepp, ...). Den moderna fysiken är i högre grad än den klassiska beskriven i matematisk formalism. Ett åskådliggörande i konkreta modeller blir av begränsat värde. Modellerna kan inte utveckla förståelsen särskilt långt, eftersom de begränsas just av att de är konkreta och därmed följer den klassiska fysiken. Detta återspeglar sig också i hur läromedlen behandlar modeller. Kärrqvist (1985) har bl a undersökt hur dagens högstadiesböcker använder modeller i elläran och finner, att de används isolerade, som punktförklaringar. Man bygger ej ut analogierna genom att reda ut deras begränsningar och möjligheter för att sedan tillämpa dem konsekvent, utan modellerna får tjäna som illustrationer till enstaka begrepp för att sedan inte användas mera.

Samtidigt tycker jag åter, att man snöper fysiken genom att låta den nästan sluta vid det senaste sekelskiftet och framställer den moderna fysikens bidrag som halvledaren och kärnkraftverket. Kvantmekanikens och relativitetsteorins abstraktionsgrad kan ses som en utmaning i stället för ett hinder. Det går att framställa åtminstone filosofin bakom och konsekvenserna av den moderna fysiken utan matematik.

Den avslutande hypotesen blir alltså, att läromedlen innehåller i huvudsak klassisk fysik, därför att det är den fysik som lättast kan tillämpas på vardagen och som kan förklaras i konkreta termer. (Kärrqvist, 1985, s 36-40)

Min avhandling tycks visa realskolans och grundskolans läromedel som en dinosaurie, trögt lunkande sin väg genom åren utan att bry sig om de läroplanspilar, vilka fåfängt studsar eller bryts mot det fjälliga pansaret. Det kanske är på sin plats att än en gång påpeka, att studien endast be-

rört urvalet av lärostoff på nivåer ovanför klassrummet. Jag har inte visat något om hur undervisningen där har gestaltat sig. Läroboken utsätts i sin tur för ett urval, påverkat av åtskilliga faktorer - se åter Svingbys modell, figur 14.2. Jag kan bara säga, att läromedlen underlättar för eleven att uppfatta fysiken som en statisk kunskapsmassa, utan för-, kring- och efterhistoria. Är detta måhända det bästa sättet att presentera grundläggande skolfysik på? Om inte - vilka är alternativen? Svaret är ej entydigt. Det definieras utgående från ett val av värden och kunskandeuppfattning. I diskussionens avslutning gör jag ett ställningstagande för ett visst sådant urval. För att kunna motivera detta ställningstagande och visa på vilket sätt det skiljer sig från fysikämnets nuvarande framställning måste jag definiera två centrala dikotomier. Vidare skall jag sätta in den hittills behandlade fysikdidaktiken relativt dikotomierna. Det görs i nästa avdelning.

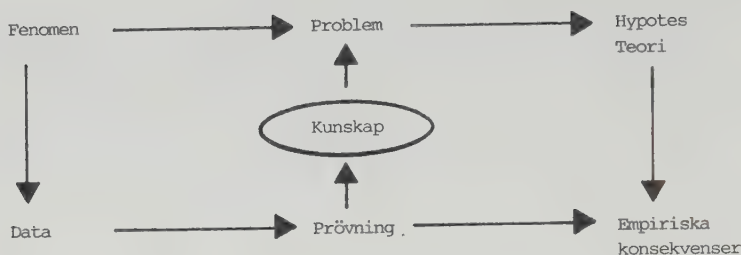
14.2. Två centrala dikotomier

I framställningen har två par av aspektord hela tiden varit bakgrund, explicit eller implicit. De är "process/produkt" respektive "empirism/konstruktivism".

Det första paret beskriver de två sidorna hos naturvetenskapligt kunnande: **process** och **produkt**. **Processen** är den arbetsmetod, med vilken naturvetaren vinner kunskap. Centralt i den naturvetenskapliga processen står experimentet, som skall uppfylla vissa kriterier. Den etablerade kriterielistningen kan vara:

- a) Det skall utgå från ett klart preciserat problem.
- b) Man skall kontrollera, eller åtminstone ha överblick över, alla påverkansfaktorer.
- c) Experimentet skall kunna återupprepas under samma betingelser.
- d) Apparaturen skall ej påverka undersökningsobjektet men ge relevanta upplysningar. (Bøe, 1972, s 37)

Dessa kriterier har i alla fall mening inom klassisk fysik. Modern fysik töjer på åtminstone kriterium (d), eftersom mätinstrument och objekt växelverkar, medförande en osäkerhet i observationerna, vars undre gräns ges av Heisenbergs obestämdhetsrelationer. Med dessa krav på det naturvetenskapliga experimentet kan man också ställa upp den naturveten-



Figur 14.8. Den hypotetisk-deduktiva metoden (Fhanér, 1979, s 54)

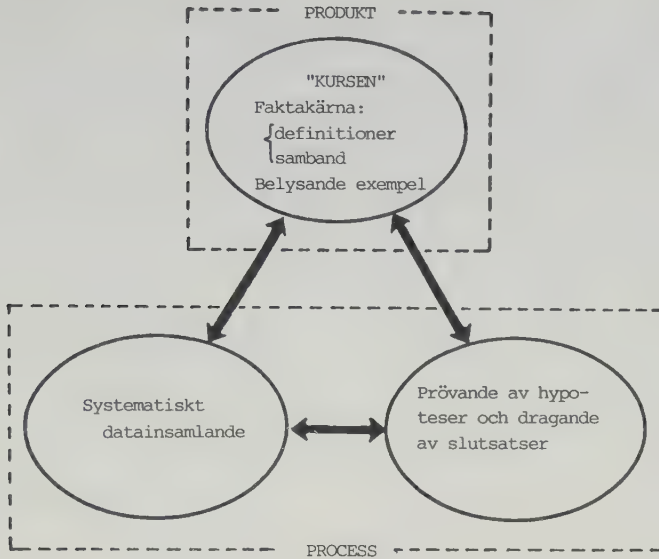
skapliga processen i punktform:

- a) Systematisk iakttagelse och registrering av fenomenen.
- b) Analys av insamlat material. Identifiering av relevanta resultat.
- c) Uppställning av hypoteser.
- d) Prövning av hypoteserna.
- e) Slutsatser och helhetsbild av försöksresultaten.
- f) Uppställning av teorier.
- g) Överföring av teorierna på andra områden. (ibid, s 40)

Detta är den hypotetisk-deduktiva metoden, vilken har fått utgöra mönster för kunskapsbildningen inom många discipliner, inte bara de naturvetenskapliga. Växelspelet i metoden syns klarare i figur 14.8, återgiven efter Fhanér (1979).

Den andra sidan av naturvetenskapen är **produkten**, dvs det kunnande som vunnits i den naturvetenskapliga processen. Sambandet med processen ses enklast om man skriver in ordet "produkt" i den centrala ellipsen i figur 14.8. De produktorienterade begreppen konstituerar en teori (eller flera, eventuellt hierarkiskt ordnade, teorier). (Det finns olika sätt att beskriva en teori. En tilltalande framställning är Sneeds "The Logical Structure of Mathematical Physics", som refereras överskådligt i Hansson, 1980, s 77-107.)

I grundläggande naturvetenskaplig undervisning har man en mer eller mindre väldefinierad kurs av grundfakta och tillämpningar, välkänd för läraren, som eleverna skall tillägna sig i någon mening. Kursen innehåller alltså de produktorienterade begreppen (se dock punkt 6b, avd 1.3). Processen är närmast anknuten till arbetssättet. Undervisningsförloppet är uppbyggt kring ett växelspel mellan process och produkt, men tyngdpunkten kan förskjutas åt endera aspekten i olika kursplaner.



Figur 14.9. Schematisk framställning av grundläggande naturvetenskaplig undervisning

Det andra paret av aspektord avser synen på hur det naturvetenskapliga kunnandet växer fram hos individen. Två möjliga inriktningar är empirismen och konstruktivismen (bl a Kärrqvist, 1985).

Empirismen utgår från att all kunskap om yttervärlden erhålls via våra sinnen. Dessa objektiva observationer samlas i det från början "tomma huvudet". Är de tillräckligt noggranna och systematiska så kan de logiskt överföras till generaliseringar, vilka i sin tur kan sammanföras till vetenskap. Andersson (EKNA 13, 1985, s 16) skriver:

"Den här uppfattningen av kunskapsförvärv förefaller mycket plausibel för de flesta människor. Det är därför som vetenskapsteoretikern Karl Popper kallar empirismen för 'the common sense conception of knowledge'."

Konstruktivismen tar avstånd från modellen av eleven som ett tomt kärl. I stället antar den, att han har föreställningar om omvärlden och tankemönster, med vilkas hjälp han väljer ut och bearbetar information för att därigenom konstruera sitt vetande. Konstruktivismen ser således uppbyggandet av kunnande som en aktiv process, till skillnad från empirismens mera passiva "påfyllande".

Kärrqvist (1985, s 288) belyser detaljerat de båda inriktningarna på kunnandets förvärvande i en bild. (Ur denna bild kan man notera, att de ovan anförda kriterierna på ett naturvetenskapligt experiment passar

	EMPIRISM	KONSTRUKTIVISM
ELEVENS ROLL	Eleven skall undersöka och utforska naturvetenskapliga samband genom egna experiment. På låg- och mellanstadiet jäktas han inte på av stora kurser, utan laborationerna kan ges gott om tid och tillåta en fri utforskning. Högstadiets dryga kurser tvingar fram en hårdare styrning av laborationerna. I båda fallen är grundföreställningen att "riktig kunskap" överförs från experimentmaterialet till eleven.	Eleven skall undersöka och utforska naturvetenskapliga samband genom egna experiment. Experimentresultaten tolkas dock i ljuset av elevens föreställningar, vilka kan skilja sig markant från lärarens - någon garanti för att eleven "lär sig rätt" finns ej. Poängen med experimenten är tvåfaldig: 1. De kartlägger elevernas föreställningar för läraren. 2. De kan utmana elevens föreställningar. Ett oväntat resultat kan komma honom att förstå att hans föreställningar ej är invändningsfria. Experimentet är en förberedelse för begreppslig förändring.
LÄRARENS ROLL	Lektionstiden är begränsad. Eleverna kan omöjligt hinna igenom kursen genom eget experimenterande. Läraren måste därför strukturera stoffet, öva med eleverna och repetera. Om de bara hör på och är motatliga, så kan de ta till sig även den omfattande högstadiekursen.	Läraren skall stimulera eleven till att konstruera ny förståelse genom att introducera nya begrepp och tankesätt. Denna strävan mot varaktig begreppslig förändring stimulerar läraren på åtminstone två sätt: 1. Han uppmuntrar eleven att på alla sätt själv aktivt bearbeta det nya - sätta det i samband med tidigare kunnande, dra konsekvenser, diskutera, ... 2. Han skapar medvetet situationer som han hoppas stimulerar fortsatt konstruerande - problem, diskussionsfrågor, ...

Figur 14.10. Empiristisk respektive konstruktivistisk syn på lärarens och elevens roll i fysikundervisningen (EKNA 13, 1985)

bäst in under den empiristiska rubriken.) Andersson (EKNA 13, 1985) har exemplifierat hur empiristen respektive konstruktivisten ser på undervisningen i exempelvis fysik (s 20-25). En sammanfattning av hans framställning finns i figur 14.10.

Avhandlingens del I har lyft ridån för tre fysikdidaktiska scener, vilkas innehåll skall komplettera eller ge alternativ till läromedlens framställning av fysiken. Denna framställning i realskolans och grundskolans läroböcker har jag undersökt i del II. Allt bör nu placeras in relativt de båda dikotomierna process/produkt och empirism/konstruktivism. Jag diskuterar delarna i tur och ordning.

DEL I: TRE FYSIKDIDAKTISKA BILDER

"Första vågens" läromedel avsåg att kontrastera mot den etablerade, produktinriktade skolfysiken. Axiomet för första vågens läromedel var naturvetenskapens fundamentala roll i samhället, vilket krävde att man måste kunna förstå och diskutera naturvetenskap. Fakta kunde man slå upp i lexika. Ur detta följde en inriktning på den naturvetenskapliga processen. Konsekvenserna för lärostoff, arbetssätt och elevuppgifter blev i sammanfattning:

- lärostoffet skulle innehålla ett begränsat antal begrepp, centrala för ämnets logiska konsekvens och ordnade i en hierarkisk struktur. Det skulle vara koncentrerat på "ren" vetenskap, ej på tekniska tillämpningar. Ett centralt begrepp var modelltänkande med beaktande av modellernas möjligheter och begränsningar;

- det naturvetenskapliga experimentet (hypotes => planering => genomförande => diskussion av datas tillförlitlighet => slutsats) sattes i centrum. Samband skulle inte införas utan motiveras ur experimentresultat;

- uppgifterna skulle bestå av divergenta uppgifter, kvalitativa resonemang samt grafiska metoder och grova skattningar i stället för noggranna numeriska eller algebraiska kalkyler.

Kunnandeuppfattningen i Nuffield Physics och PSSC är empiristisk. Givet en vetenskapligt korrekt uppläggning av fysiken i läcker förpackning samt en lärare som belyser stoffet på ett logiskt koherent sätt, så måste den uppmärksamme eleven helt enkelt lära sig att tillämpa fysiken på det önskade sättet. Den empiristiska grundsynen i PSSC-fysiken kan belysas med ytterligare ett exempel. Honnörorden för arbetssättet i "första vågens" läromedel var "discovery" och "inquiry". Shulman & Tamir (i Travers, 1973) redogör för Herrons klassificering av amerikanska PSSC:s laborationsövningar efter de fyra frihetsgraderna (även avd 7.2, avd 12.2). En kursplan med inriktning mot "discovery" och "inquiry" bör då innehålla många inslag med minimerad styrning. Herrons resultat visas i tabell 14.1.

Tabell 14.1. Frihetsgrader hos PSSC-laborationerna (Travers, 1973, s 1113)

Frihetsgrader	Antal PSSC-lab
0	39
1	11
2	2
3	0

Vi ser där, att de styrda laborationerna dominerar massivt - kanske i en ängslan att eleverna skall slösa bort laborationstiden och missa den rätta kunskapen?

Att den andra fysikdidaktiska bilden, Piagets teori för kognitiv utveckling och dess tillämpning, står på konstruktivistisk grund är självklart. Basidén är att individen vinner kunskande genom en inre konstruktionsprocess. Tillämpningarna av Piagets teori på fysikundervisning omfattar synpunkter på såväl produkt som process. Diskussionen om produkten har inte berört vad fysikundervisningen skall innehålla. Däremot har Piagets teori, företrädesvis ett utbrutet fragment om de kognitiva nivåerna, tillämpats på när givna produktbegrepp skall komma in i läroängsen. Detta har skett både genom analyser av existerande kursplaner (Karplus m fl i Frey & Lang, 1973; Shayer m fl, 1972, 1976, 1978, 1981; Sjöberg, 1979) och genom normativa förslag till kursplanesekvensiering (Dahlman & Glad, 1980; Martin, 1980; Shayer & Adey, 1981; Sjöberg, 1979). Redan i Piagets teori finns diskussioner kring den hypotetisk-deduktiva processen. Tilläggnandet av förmågan till hypotetiskt-deduktivt tänkande är enligt Piagets förmenande ett karakteristikum på den översta nivån i den kognitiva utvecklingen. Taxonomier för klassificering av elevers förståelse av processinriktade begrepp återfinns i Shayer & Adey (1981).

Urvalet av publikationer i Piaget-kapitlet indikerar, att Piagets teori för den kognitiva utvecklingen måste betraktas som en första approximation till en modell för det mänskliga tänkandet. Speciellt lider framställningen av det formella tänkandets struktur av åtskilliga brister. Vidare äger teorin ej den allmängiltighet, som Piaget ansatte. En viktig påverkansfaktor på tankekonstruktionerna är individens föreställningar, och därmed är vi inne på den tredje fysikdidaktiska bilden. Gilbert & Watts artikel (1983) poängterar att undersökningar av elevers föreställningar i fysik är ett forskningsområde i vardande med kanske 10-15 år på nacken. Forskningsområdet nämns överhuvud taget ej i Shulmans & Tamirs översiktsartikel (Travers, 1973).

Gilbert & Watts två paradig bakom föreställningsforskningen torde utan överdrivet tänjande kunna kopplas till empirism respektive konstruktivism. Inom det "förklarande" paradigmet betraktas elevernas föreställningar som felaktiga begrepp, vilka forskningen skall spåra upp och ge verktyg för lärarna att oskadliggöra. Detta stämmer med empirismens kunskandeuppfattning. Det "förstående" paradigmet betraktar däremot elevföreställningarna som aktiva, konstruktiva och avsiktliga medel att organisera individens erfarenheter med. I min framställning har jag ej skilt

undersökningsresultat inom de olika paradigmen åt. Vilken syn man än har på kunskapens tillväxt är det uppenbarligen angeläget att få elevföreställningarna kartlagda. I såväl EKNA-projektets rapporter som Kärrqvists avhandling och Lybecks ämnespedagogiska berättelse är dock författarnas konstruktivistiska syn explicit uttalad.

Vare sig forskarna är empirister eller konstruktivister, så har de inriktat sig på att undersöka elevernas föreställningar om produktinriktade begrepp (ström, värmeenergi, ...). Endast Lybeck har beaktat processaspekten i sin granskning av elevers konstruktiva tänkande kring Arkimedes' princip.

DEL II: REALSKOLE- OCH GRUNDSKOLELÄROMEDEL

För att kunna klassificera läromedlen behövs kriterier. Jag börjar med process/produkt. Den naturvetenskapliga processen kan, som visats, karakteriseras mer eller mindre omfattande. Eftersom "första vågens" läromedel syftade till en processinriktning, är det intressant att se i vilken omfattning som Nuffield Physics och PSSC anser att eleverna skall möta den naturvetenskapliga processen. Deras karakteristik blir

- existensen av ett problem, ofta formulerat som en hypotes;
- konstruktion och genomförande på egen hand av problemets (experimentella) lösande.

Utgående från dessa karakteristika kan läromedlens i del II klassificering, i alla fall i första approximationen, ses ur antalet frihetsgrader i elevuppgifterna (avd 12.2). För att uppgifterna skall ge en inblick i processen måste problemformuleringarna och/eller genomförandet vara öppna, dvs frihetsgraderna 2 och 3. En annan processaspekt är att undersöka förekomsten av idéhistoria, eftersom denna visar att fysiken ej var färdig redan vid tidernas begynnelse utan har formats bit för bit. Analysen i avd 10.3 och 12.2 visar, att

- andelen experimentella, undersökande eller verifierande uppgifter inom frihetsgraderna 2 och 3 är som mest 19 % (realskolan) och som minst 3 % (Igr 69), med ett medeltal på 9 % - alltså ungefär var 11:e laborationsuppgift;
- tillämpningarna av idé- och teknikhistoriskt värde har minskat i numerär från realskolan till grundskolan.

Detta ger en entydig bild av realskolans, och framför allt grundskolans läromedel som ensidigt inriktade på fysiken som produkt.

Avseende kunnandeuppfattningen, så är implikationer för undervisningen av en konstruktivistisk ansats, att

- stoffet utgörs av en begränsad mängd begrepp;
- undervisningen utgår från elevernas erfarenheter;
- elevernas föreställningar görs till ett undervisningsinnehåll

(exempelvis som i SCIS/LMN:s inlärningscykel).

Omvänt kan då läromedelsrelaterade kriterier på empirism (eller rättare, icke-konstruktivism) vara

- stor begreppsdensitet (i antal moment/utr);
- fenomen används som övervägande illustrationer i stället för som introduktioner;
- övervägande antalet laborationer i frihetsgraderna 0 och 1.

Ur läromedelsanalysen kan följande punkter lyftas fram:

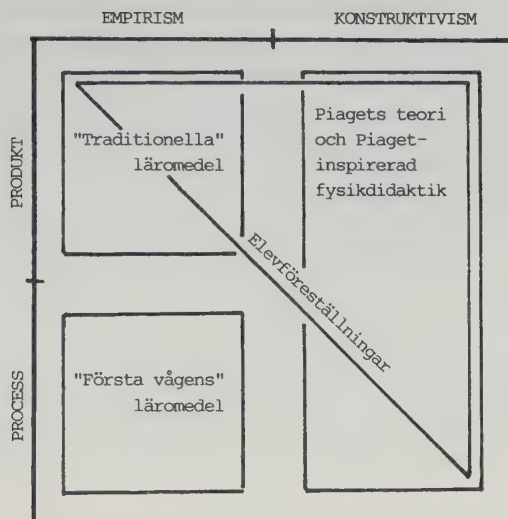
a) I figur 10.2 åskådliggörs medelantalet undervisningstimmar per moment, dvs inverterade värdet av begreppsdensiteten. Ca en tredjedel av momenten är definitioner och samband, medan resten är fenomen och tillämpningar. Realskolans läromedel medgav drygt en lektion per moment, grundskolans läromedel mindre än en lektion. Vad som är stor, eller alltför stor, begreppsdensitet har jag inget mått på. Man ser emellertid att begreppsdensiteten var mindre i realskolan än i grundskolan. Men realskolan infördes som en mellanexamen i de universitetsförberedande läroverken och var en urvalsskola med ett kuggningssystem. Vad som kunde vara liten begreppsdensitet i denna skolform borde inte vara liten begreppsdensitet i en obligatorisk skolform. Under alla omständigheter borde ej begreppsdensiteten öka. Det verkar därför ej vara ett oförsiktigt antagande, att läroböckernas begreppsdensitet är hög.

b) Enligt kap 11 används runt 90 % av läromedlens fenomen och tillämpningar som illustrationer till definitioner och samband. Läromedlen utgår ej från elevernas vardagserfarenheter.

c) Redan i diskussionen om process/produkt anfördes att tio av elva laborationer återfanns i frihetsgraderna 0 och 1. Lägg därtill den programmerade uppläggningsen, som ju förutsätter att alla läsare tänker, eller kan förmås tänka, på samma stegvisa sätt.

Diskussionen i de tre punkterna ger sammantaget bilden av en icke-konstruktivistisk kunnandeuppfattning bakom läromedlen. Den kompakta och strömlinjeformade framställningen av fysiken kan i stället sägas vara präglad av empirism.

Sammanfattningsvis kan de tre fysikdidaktiska bilderna samt de undersökta läromedlen placeras in i en 2x2-matris som figur 14.11 visar.



Figur 14.11. Läromedelsanalysen samt litteraturredovisningens tre fysikdidaktiska bilder i relation till kategoriparen process/produkt respektive empirism/konstruktivism

14.3. Lgr 80 och fysikundervisningens innehåll

Läroplanens (nu och i fortsättningen Lgr 80) samhällssyn är en partecipativ demokrati i ett konfliktfyllt samhälle. Skolans roll blir därför att ge fostran och kunskap för en medborgerlig kompetens. För orienteringsämnenas vidkännande kan man identifiera tre principer för urvalet av innehåll:

1. Ett önskemål om ett ämnesövergripande arbetssätt, såväl inom de naturorienterande respektive de samhällsorienterande ämnena som mellan dem.

2. Konfliktsynen gör det viktigt att naturvetenskapens etiska frågor belyses (miljökonsekvenser, integritetsproblem, ...).

3. Innehållet skall röra sig kring centrala begrepp och sammanhang.

Centrala begrepp är ett honnörsord. Det råder med säkerhet enighet om de centrala begreppens betydelse i undervisningen. Däremot är det ej väldefinierat i läroplanen eller i debatten vilka dessa centrala begrepp är. Lgr 80 anger (s 65), att de centrala begreppen definieras ur kurspla-

nernas mål. Ur huvudmomenten skall sedan härledas det stoff, med vilket eleverna skall arbeta och som belyser de centrala begreppen. I denna avslutande diskussion ämnar jag ta upp några aspekter på de centrala begreppen och tillämpa dem på ämnet fysik. Enligt Englund m fl (Englund, Svingby & Wallin, 1986) måste ett urval av centrala begrepp omfatta

- a) en kunnandeuppfattning;
- b) en princip för urval av ämnesinnehåll.

KUNNANDEUPPFATTNING

Piagets teori för kognitiv utveckling kan ej betraktas som en heltäckande modell för mänskligt tänkande. Den i avd 4.4 refererade kritiken visar detta klart. Andersson (EKNA 14, 1985) pekar på ytterligare två kritiska punkter (s 11):

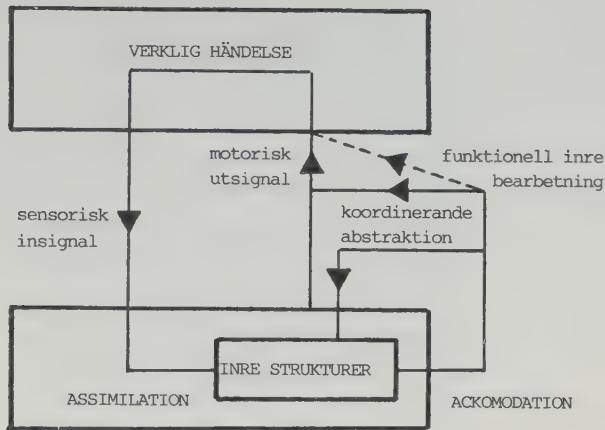
1. Utvärdering av olika träningsprogram visar bl a, att elever i 10-12 års åldern kan lära sig att tillämpa proportionalitetstänkande, kontrollexperimenttänkande m m. Det tyder på fristående tankemönster i stället för något som förutsätter den formellt-operationella tankestrukturen.

2. Ungdomars och vuxnas förmåga att lösa uppgifter, som kräver formellt-operationellt tänkande, varierar med innehållet. Detta motsäger idén om en allmängiltig struktur, tillämpbar på många olika innehåll.

Även om denna bild av Piagets teori, ansatsen med generella tankestrukturer i diskontinuerlig utveckling, är tvivelaktig, så bör man ändå tillvarata den övriga teorins möjligheter att belysa konstruktionsprocessen bakom det mänskliga tänkandet. Andersson (ibid) diskuterar denna med utgångspunkt i Furths modell för kunnanderelationen mellan individ och omvärld. Modellen återges här som figur 14.12. Andersson (ibid, s 5) skriver:

"Inre strukturer är ett samlande namn för olika levande organisationer hos individen, bland annat begrepp, föreställningar, tankemönster och teorier. De olika strukturerna är att fatta som möjligheter till kunnande och problemlösning. Strukturernas aktivitet (eller 'operationer' eller 'konstruktioner') är liktydig med kunnande, förståelse, insikt, problemlösning m m."

I boxen "inre strukturer" finns således såväl Piagets scheman som individens föreställning i exempelvis fysik. Vad som inte diskuterats i de i avhandlingen redovisade studierna är den eventuella kopplingen mellan kognitiva scheman och elevföreställningar, med andra ord sambandet mellan den kontextoberoende och den kontextberoende ansatsen. Vad händer i boxen? Ekstig (u å) har intressanta synpunkter. Han diskuterar bl a

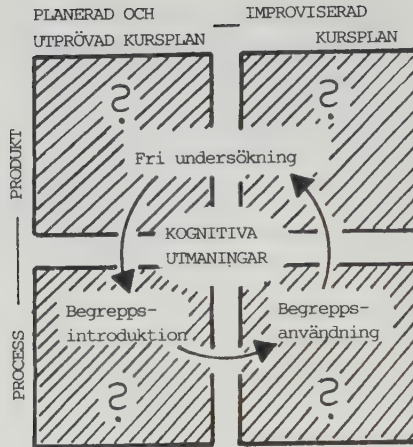


Figur 14.12. Kunnanderelationen mellan individ och omvärld (Andersson, 1976, s 22; EKNA 14, 1985, s 4)

Piagets och Garcias bok "Psychogenèse et histoire des sciences" (1983), där de drar paralleller mellan barnets mentala utveckling och vetenskapens fysik utveckling. Andra forskare (Andersson & Kärrqvist i EKNA 8, 1981; Sjöberg & Lie, 1981; Enge & Ekeland, 1984) har funnit äldre fysikaliska begreppssyner i redovisade föreställningar. Det är en hypotes, att man på detta sätt kan finna en koppling mellan den kontextoberoende och den kontextberoende ansatsen.

Piagets och hans efterföljares forskning tycks alltså i vissa avseenden stå i motsats till föreställningsforskningen. Det är möjligt, att motsättningen till stor del är skenbar och har uppkommit ur att Piagets teorier använts i förutsäggande syfte. De torde i stället ha sin styrka i att de bildar en grund för **förståelse**. Om en elev har svårigheter med ett kvantitativt densitetsproblem, så kan vi förstå, att bakom detta kan ligga en svårighet med proportionalitetstänkande - men vi bör akta oss för att dra slutsatsen "Aha! Han befinner sig på den konkreta operationsnivån!" Snarare bör vi gå vidare och försöka kartlägga hur han tänker i den givna kontexten och eventuellt utmana hans föreställningar, så att han får hjälp med att bearbeta och förädla dem.

Centralt i de båda forskningsansatserna står **konflikten** som utvecklande begrepp. Den kognitiva konflikten skapar en obalans i de inre strukturerna, som verkar i utvecklande riktning. För Piaget innebär detta en breddning eller en kvalitativ ändring av strukturerna. Föreställnings-



Figur 14.13. Kursplan genom konstruktivistiska glasögon

forskarna ser den som ett medel att utmana elevföreställningarna, så att de kan förädlas. Vad de här relaterade studierna inte ger vinkar om är utformningen av den tvåfaldiga balansen mellan produkt och process respektive mellan planerad och improviserad kursplan. (En diskussion av begreppen **planerad kursplan** och **improviserad kursplan** finns i Andersson, Eliasson & Waern, 1982.) Ej heller belyser de vad som skall bygga upp kursplanens innehåll. Den konstruktivistiska kursplanen med sina frågetecken och med kognitiva utmaningar som form visualiserar jag i figur 14.13.

I mitt val av kunnandeuppfattning tar jag således ställning för den konstruktivistiska kunnandeuppfattningen. Helt klart anser också Lgr 80 att eleven själv skapar sitt kunnande genom en inre tankeprocess, driven av inre motivation:

"... människan är aktiv, skapande, ..." (Lgr 80, s 13)

"... då de /eleverna/ kommer till skolan har de kunskaper och erfarenheter men också vetgirighet och nyfikenhet." (ibid, s 14)

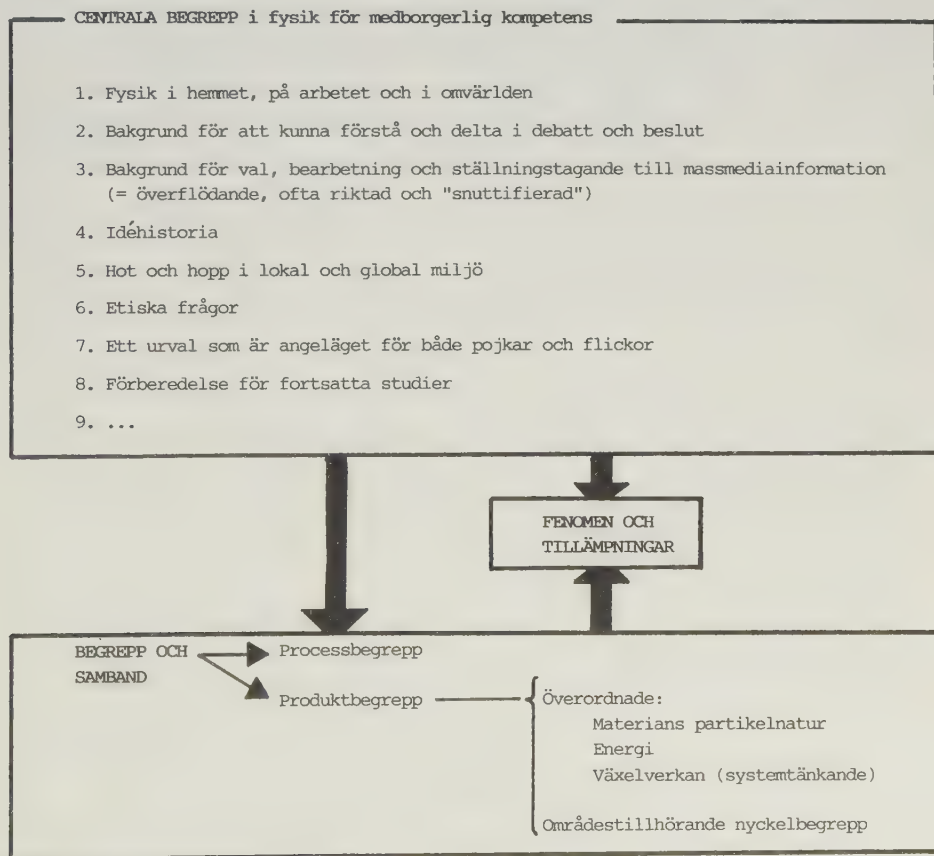
Den empiristiska kunskapssynen, som hittills har dominerat fysikämnets val av innehåll, måste överges.

PRINCIPER FÖR URVAL AV ÄMNESINNEHÅLL

Urvalsprincipen är underordnad kunnandeuppfattningen. En konstruktivistisk kunnandeuppfattning har som första konsekvens att ett djupinriktat läran-

de kräver tid för den inre bearbetningsprocessen. (För en definition av djupinriktad respektive ytinriktad inlärning, se exempelvis Marton, Dahlgren, Svensson & Säljö, 1979, s 11-12; också återgiven i Svingby, 1985, s 100-101.) Stoffet skall alltså vara så begränsat som möjligt.

På andra platser i denna avhandling har jag diskuterat två syner på orienteringsämnet fysik. Den ena är "orientering om vetenskapen fysik", en minivetenskap som i sin uppläggning utgår från disciplinens struktur och som kan härledas tillbaka till realskolans mål att bl a lägga en grund för eventuella gymnasiestudier i fysik. Denna syn har dominerat läromedlen. Den andra är orientering för att klara den naturvetenskapliga vardagen", i huvudsak Lgr 80: syn. Syftet med denna uppdelning var just att påvisa diskrepansen mellan läroböckernas inriktningar och läroplanens mål,



Figur 14.14. Urvalsprincip för centrala begrepp i fysik för en medborgerlig kompetens

men det finns ingenting som visar att de båda fysikaspekterna är ömsesidigt uteslutande. Vad jag menar är, att en fysikundervisning för medborgerlig kompetens måste beakta båda aspekterna, men att "orientering i den naturvetenskapliga vardagen" är överordnad i läroplanens intentioner och därför bestämmer vilka ämnesbegrepp, samband och tillämpningar som bör väljas. Om dessa sedan skall ordnas disciplinorienterat eller enligt någon annan princip -eller kanske inte alls? - är ännu att diskutera, utpröva och utvärdera. (En diskussion av orienteringsämnenas inriktning mot medborgerlig kompetens finns i Englund, 1984b, 1985; Englund, Svingby & Wallin, 1986; Svingby, 1985.)

Så här långt kan det sagda konkretiseras som i figur 14.14. Jag ämnar nu diskutera vilka produktbegrepp i fysik, som kan tänkas härledas ur kursplanens huvudmoment. Det blir alltså en diskussion kring den planerade kursplanen. (Personligen blir jag mer och mer övertygad om att undervisningen inom de naturorienterande ämnena på grundskolans högstadium bör läggas upp ämnesintegrerat. Hela avhandlingen har dock hittills behandlat fysikämnet, varför jag håller denna linje konsekvent.) Tolkningen av huvudmomenten gör jag då genom glasögon, färgade med den konstruktivistiska kunskandeuppfattningen och den urvalsprincip för medborgerlig kompetens, vilka jag har beskrivit ovan. Det innebär inte någon inskränkning eller något ställningstagande, när jag redovisar dem efter traditionella områdesrubriker. De utgör den fysikaliska faktabakgrunden till undervisningen och är därmed en liten del av det stora komplex, som också innehåller frågor om hur, i vilken ordning och i vilka sammanhang som dessa begrepp skall behandlas. (För en diskussion om fysikens begreppshierarki relativt olika mål för undervisningen, se Spreckelsen i Frey et al, 1975.)

I Lgr 80 är huvudmomenten samlade för de naturorienterande ämnena (s 116-119). Huvudmomenten är normativa: eleverna skall möta dem i undervisningen (Lgr 80, s 15, s 29). Vilka av dem skall hänföras till fysikämnet? Jag redovisar mitt urval i tabell 14.2. Begreppen är naturligtvis inte fristående, varken inom ett område eller mellan områdena. De hänger samman i ett nätverk av begreppsrelationer. (En illustration är gjord av Kärrqvist, 1985. På s 270, figur 11.2, redovisar hon en "skiss till begreppssystem för den föreslagna aktionsteorin".) Att förstå deras samband är en del av det önskade fysikkunskandet. För huvudmomenten i tabell 14.2 diskuterar jag nu dels vardagsaspekter, dels konstruktivistiska aspekter på dem.

Tabell 14.2. Urval av Lgr 80:s huvudmoment i NO-ämnena till ämnet fysik

HUVUDMOMENT	FYSIKALISKA BEGREPP
Allmän fysik: Att mäta längd, volym, massa, densitet, tid, temperatur	Längd, volym, massa, densitet, tid, fart, temperatur
Mekanik: Krafter. Mekaniken i trafiken - reaktionstid, friktion	Kraft, acceleration
Ellära: Elkunskap i vardagen. Elsäkerhet. Elektronik i vardagen. Datorn. Elmotorn	Ström, spänning, resistans. Samband mellan elektrisk ström och magnetism. (Laddning och laddningars växelverkan?)
Värmelära: Väder- och klimatlära. Vatt- nets kretslopp. Väderobservationer	Värme. Värmeöverföring. Fasövergångar. Lufttryck
Ljus: Ljusets egenskaper. Vardagens optiska experiment	Ljus och ljuskälla. Reflexion, brytning, färgspridning
Ljud: Ljudets egenskaper. Ljud och buller, arbetsmiljö	Ljud och ljudkälla. Ton och buller. Frekvens, tonhöjd, tonstyrka, ljudnivå
Atomfysik: Atom- och molekylmodeller. Radioaktivitet	Atomhypotesen. Atommodeller. Radioaktivt sönderfall
Astronomi: Världsbilder. Teorier för universums uppkomst. Observationer	Gravitationen. Relativitetsteori?
Energi: Energiformer, energiomvandlingar. Att spara energi	Energi och energiformer. Energilagen

ALLMÄN FYSIK

a) Traditionellt har dessa moment setts som färdighetstränande mätteknik och fått inleda fysikundervisningen. Fr o m Lgr 69 kan man se en tendens hos läroböckerna att integrera flera av momenten i ett sammanhang, t ex volym, massa och densitet i samband med materia eller längd, tid och fart i samband med rörelse. Båda framställningssätten, det fristående och det integrerade, kan tänkas, men om sjuorna enbart sysslar med att mäta olika storheter så kan de möjligtvis få det skeva intrycket att huvudsyftet är att göra noggranna mätningar. Detta argument skulle tala för att mättekniken behandlas integrerat.

b) De mätinstrument som eleverna möter är typiskt de, vilka behövs på fysiklaborationerna: ställinjal, långt måttband, brevvåg, mätglas, ..., men inte alla dessa används i vardagen. Där finns i stället

- tvåmeters måttband, som används för att mäta längder av icke-linjära kurvor (halsvidd, kantlängd på en gardin som skall kantas, ...);

- längdmätningssinstrument, som egentligen är varvräknare: vägmätare på cyklar, mopeder och bilar, färdskrivare, ...;

- fasta volymmått, ofta en uppsättning plastskopor som börjar med ett kryddmått och slutar med 1 dl. Att kombinera dem på ett ekonomiskt sätt för att mäta upp en given volym är inte nödvändigtvis omedelbart klart för en elev;

- febertermometrar: när eleverna skall mäta temperaturer med laboratorietermometrar, gör man som lärare ofta iakttagelsen att de försöker "slå ner" termometrarna, eller att de lyfter dem ur vätskan, vars temperatur de skall mäta och avläser termometern i luften.

c) I samband med mätinstrumenten bör också valet av enheter diskuteras, särskilt då volymenheterna. Medan fysikläroböckerna mäter volymer i dm^3 , cm^3 , ..., används l, dl, ... i kemiundervisningen och i hemmet. (Dessutom är 15 ml = 1 msk, 5 ml = 1 tsk och 1 ml = 1 kryddmått.) Visserligen behandlas ofta båda enhetsuppsättningarna i matematikundervisningen, men möjligheterna är kanske större att konkretisera enhetsbytena i ett laboratorium - ex vis kan eleverna få i uppgift att åstadkomma en given volym i cm^3 genom att använda fasta hushållsmått.

d) Huvudmomentet bör inte tolkas som om det enbart skall träna så exakta mätningar som möjligt. Lika viktigt är att göra skattningar av längder, tider, antal osv. Detta behandlas i Nuffield Physics programmet (se t ex Teachers' Guide I, 1966).

e) Längd, tid, massa och temperatur kan definieras operationellt (dvs det som mäts med en linjal, en klocka, en våg osv). Densitet och fart är däremot kvotstorheter, som kräver proportionalitetstänkande för förståelse, och denna förståelse är åldersrelaterad (Inhelder & Piaget, 1972; Karplus et al i Frey & Lang, 1973; Sjöberg, 1979; Karplus, Lawson & Adi, 1978; Shayer & Adey, 1981; Lybeck, 1981). Vidare kan en sammanblandning av fart och relativt läge förekomma, så att eleven anser, att det föremål av två som kommer längst är snabbast (Shayer & Adey, 1981).

f) Massa, volym, densitet och tyngd blandas ofta ihop till ett begrepp (Shayer & Adey, 1981; Lybeck, 1981), och detta kan naturligtvis också återverka på förståelsen av densitet. I samband med den allmänna fysiken kan materians tre former behandlas. Eleverna har svårigheter speciellt med att generalisera gasfasen till något materiellt, som varje ämne kan förekomma i (EKNA 7, 1981; EKNA 12, 1984). I EKNA 12 finns också ett program med experiment som skall belysa skillnaden mellan massa och volym samt massans konstans vid transformationer.

MEKANIK

a) Läroplanen exemplifierar med tillämpningsområdet "mekaniken i trafiken" och med "friktion". Friktionskrafter är naturligtvis viktiga inte bara i trafiksammanhang, eftersom en fullständigt friktionsfri rörelse knappast kan realiseras på jorden. Två aspekter bör beaktas:

- friktionen till **nytta**: väggrepp, bromsar, ...;

- friktionen till **skada**: allmänt som hinder för rörelsen, och speciellt i roterande detaljer men också friktionsproblemen i människans leder. Läroböckerna behandlar kullager och rullager, men i många apparater förekommer "självsmörjande lager", "underhållsfria lager", ... Eleverna bör undersöka även sådana för att kunna ta ställning till om dessa är till fördel eller är en inbyggd svaghet.

b) Många tillämpningar i vardagen bygger på krafterns **vridförmåga**. Detta bör alltså betonas. Hävstångslagen framställd som en formel är inte nödvändig. Dessutom härleddes den ofta ur jämviktsförsök med olikarmad balansvåg, och att sedan översätta denna statiska situation till en dynamisk vardagssituation - att knipa av en ståltråd, att välta en sten ur marken - kan vålla svårigheter. I stället kan eleverna undersöka många verktyg och förhoppningsvis nå en kvalitativ förståelse av hävstångsverkan i en "ju ... desto ..." -form.

c) I punkterna (e) - (i) diskuterar jag aspekter på vad en kraft är. Lika viktigt är att eleverna uppmärksammas på vad en kraft inte är. I vardagsspråket förekommer "kärnkraft", "kraftdistribution", "kraftvärmeverk" och liknande, vilket kan blockera förståelsen, om innebörden ej klargörs.

d) Det måste betonas, att kraftverkan kan ha många källor: elektriska laddningar och ström, magneter, ... I läroböckerna finns en tendens att isolera kraftbegreppet under rubriken "Mekanik" för att sedan knappast återkomma till det.

e) Nyckelsambanden inom mekaniken är kraftbegreppet och Newtons tre lagar (i någon, ej nödvändigtvis kvantitativ, form). Som läroboksanalysen visar, så har den tredje lagen ej varit allmängods i lika hög grad som de två första. Lagen om aktion och reaktion är dock fundamental för uppfattningen att kraftverkan alltid innebär en **växelverkan** - dvs att inte bara ett föremål påverkas av en kraft.

f) Kraftbegreppet bjuder i sig svårigheter. Kraft förknippas med rörelse och sammanblandas med energi till ett "aktionsbegrepp" (Sjøberg, 1982). Uppfattningar om tyngd, som en speciell kraft, är noggrant kartlagda. Som tidigare nämnts blandas ofta tyngd ihop med massa, volym och

densitet. Vidare upplevs ett högre placerat föremål ha större tyngd än ett lägre placerat (Sjøberg, 1982; Enge & Ekeland, 1984). Tyngdens universella karaktär vållar också problem, speciellt i samband med tyngd i vakuum (Enge & Ekeland, 1984).

g) Åtskilliga forskare redovisar elevsvårigheter i samband med Newtons första lag, tröghetslagen (Gilbert & Watts, 1983; Sjøberg & Lie, 1981; Enge & Ekeland, 1984). En hårdnackad föreställning är att kraft är ett nödvändigt och tillräckligt villkor för rörelse, även rätlinjig och likformig. Särskilt Enge & Ekeland identifierar åtskilliga "för-Newtonska" föreställningar. Enligt Piaget hör förståelsen av tröghetslagen till den formellt-operationella nivån, eftersom en fullständigt friktionsfri, oändligt pågående rörelse aldrig kan realiseras.

h) Newtons andra lag är ett samband mellan kraft, massa och acceleration, med de föreställningar om respektive storheter som redovisats ovan. Användning av lagen innebär ett proportionalitetstänkande. Sjøberg & Lie (1981) har givit uppgifter som bygger på en insättning i kraftekvationen men som i själva verket testar förståelsen av Newtons tredje lag. Om en elev sätter in värden på massa och acceleration i kraftekvationen och räknar fram ett resultat som står i strid med den tredje lagen, så kan man naturligtvis diskutera om eleven har förstått kraftekvationen. Enligt Karplus (i Sjøberg, 1979) är problemet konkret, om det innebär insättning i en given formel. Med Newtons andra lag i kvalitativ form:

"Samma massa: ju större kraft, desto större acceleration; ..."

är en del av svårigheterna måhända övervunna, eftersom en tillämpning av lagen i denna form innebär en seriordning efter en egenskap, och det är ett konkret-operationellt innehåll.

i) Sjøberg & Lie (1981) finner att eleverna "inte tror på Newtons tredje lag", en uppfattning som bekräftats av andra forskare. (Enligt Sjøberg, 1982, använder Piaget själv lagen felaktigt i sina analyser. I ett experiment ur GLT, "jämvikt i hydraulisk press", verkar det som om Piaget tror att kraft och motkraft är lika stora endast i jämviktssituationer.) Enligt Shayer & Adey (1981) krävs sent formellt-operationellt tänkande för en förståelse av tredje lagen och alla tre lagarna som ett postulatsystem.

ELLÄRA

a) Få elever kan nog föreställa sig ett icke-elektrifierat samhälle (vilket i och för sig skulle kunna initiera en klassrumsdiskussion på temat

"Hur gjorde de förr?"). Överallt möter vi, och är beroende av, elektrisk energi. Elläran är alltså ett tungt avsnitt i utbildningen för medborgerslig kompetens. Läroplanen betonar följdriktigt "elkunskap i vardagen". Eleven kommer i kontakt (!) med elläran i åtminstone fyra situationer:

- att använda el, dvs den elektriska strömmens verkningar: värme, ljus, magnetism, rörelse - men även fysiologiska verkningar, kanske till smärta och skada;

- att skapa el, dels ur batterier och ackumulatorer, dels ur generatorer. I samband med batterierna måste miljöaspekter betonas, så att inte eleverna slänger miljöfarliga batterier i soporna;

- att överföra el, alltifrån liten skala i ficklampan till stor skala från kraftverk (energiverk!);

- att skydda sig från el, så att inte människor och bostäder skadas.

b) Elektrostatisken är inte nödvändig som grund för att bygga upp en modell för den elektriska strömmen. Däremot bör den behandlas kortfattat i ett historiskt perspektiv.

c) Vardagen bjuder också på otaliga tillämpningar av elektronik. Naturligtvis bör undervisningen om elektronik innehålla komponentkunskap, men samhällsaspekten är minst lika viktig. Miniaturiseringen och högtegreringen av de elektroniska kretsarna leder till en minskad kompetens att reparera apparater och därmed till en ökad konsumtion. Det är också naturligt att anknyta till datoriseringen och samhällets sårbarhet.

d) Behandlingen av permanentmagnetism bör hållas på den miniminivå som behövs för en förståelse av elektromagnetismen, vilket är den del av magnetismen som är vardagsrelevant.

e) Elläran, och då speciellt elektrodynamiken, har studerats ingående (EKNA 2, 1979; EKNA 5, 1981; Kärrqvist, 1985). Undersökningarna fokuserar på den slutna elektriska kretsen och visar på en mångfald föreställningar. Dessa har systematiserats av Kärrqvist (1985) i sex förklaringsmodeller (Kärrqvist, 1985, s 227-229). Modellen med högst förklaringsvärde, av Kärrqvist kallad "Ohms modell", skulle kunna konstitueras av fem postulat:

1. En strömkrets byggs upp av strömkälla, kretselement och ledare.

2. En strömkälla (batteri, ...) ger rörelseenergi till strömmen i kretsen. Det finns ett kontaktställe, pluspolen, där strömmen kommer ut. Ett annat kontaktställe, minuspolen, tar emot strömmen som gått runt i kretsen.

3. I ett kretselement (lampa, motstånd, diod, ...) flyter ström. Det behövs alltså ett kontaktställe för strömmen att komma in i och ett

där den kan komma ut.

4. Ett kretselement kan bjuda större eller mindre motstånd mot strömmen, dvs ha större eller mindre **resistans**. Ett föremål med mycket liten resistans kallas en **ledare**; ett föremål med mycket stor resistans kallas en **isolator**.

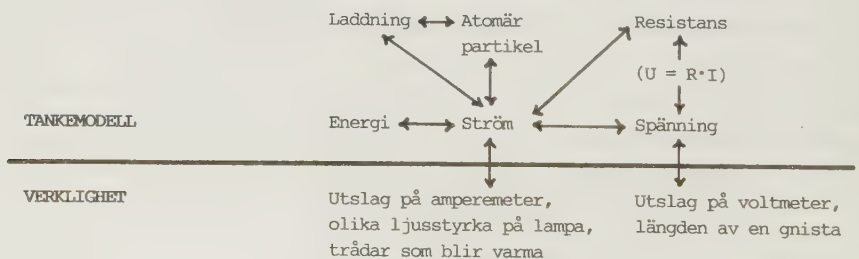
5. Strömmen flyter alltid runt i en krets i riktning från pluspol till minuspol. I en ogrenad krets är strömmen lika stor överallt. Strömmen **förbrukas inte**. Strömmens storlek bestäms av strömkällans spänning och av kretselementens sammanlagda resistans.

Kärrqvist redovisar också (ibid, s 267-269, s 283-287) en didaktisk målsättning för högstadiets elläraundervisning jämte konkreta förslag till experiment, vilka kan utmana de övriga fem underordnade strömmodellerna i syfte att förädla dem i riktning mot den sjätte.

f) De här betraktade undersökningarna har ej berört spänningsbegreppet. Gilbert & Watts (1983) nämner, att en del elever föreställer sig, att spänningen försvinner om kretsen bryts. Detta pekar på att spänning måste förstås både som en statisk storhet ("mellan två olika laddade kroppar") och som en dynamisk storhet ("det som ger strömmen fart") samt att de båda aspekterna knyts samman.

g) En del av svårigheterna med förståelsen av elläran kan naturligtvis återföras på att denna kräver modelltänkande i de flesta situationer. Eleven ser ju aldrig ström - han ser bara strömmens verkningar. I EKNA 2 (1979, s 77) är detta visat i en bild, vilken här återges som figur 14.15.

h) Jag har inte funnit några undersökningar, som rört magnetism och elektronik. Uppenbart är dock, att såväl elektromagnetismen som elektroniken kräver en fungerande kretsteori för att bli tillämpbar.



Figur 14.15. Relationer mellan begrepp i ellära (EKNA 2, 1979, s 77)

VÄRMELÄRA

a) En behandling av värmeläran skulle kunna utgå från exempelvis värme som en ofta önskad konsekvens av friktion, eller från uppvärmning av och i bostaden. Läroplanen prioriterar emellertid en utgångspunkt i väder- och klimatläran. De viktiga momenten i denna inriktning på värmeläran blir då:

- fasövergångar och de därmed tillhörande volymändringarna och värmeomfattningarna hos ämnet vatten;

- värmetransport;

- lufttryck.

b) Läroplanen anger också "väderobservationer" som ett huvudmoment. Det kan tolkas antingen som "att förstå andras väderobservationer" eller som "att göra egna väderobservationer". Om eleverna skall observera själva, så bör det inte bara vara en registrering av temperatur, vind osv, utan syfta till en enkel prognos: vilka vädertyper som kan tänkas förbådas av observationerna. I den alternativa tolkningen bör finnas en orientering om nätet av observationsstationer, inklusive satelliter, och datorarbetet bakom den dagliga väderprognosen från SMHI. I detta sammanhang kan också nämnas att den svenska väderstatistiken har en unik längd tillbaka i tiden. För gångna tiders bondesamhälle var vädersituationen en styrfaktor i vardagen, och bondepraktikan kan beröras som en empirisk regelsamling, grundad på långvariga väderobservationer.

c) Gilbert & Watts (1983) har sammanställt föreställningar om värme: värme betraktas som en sorts vätska som rör sig över ytan på föremål. Om värme rör sig inuti ett föremål, så postulerar eleven "hål" i vilka värmet kan rinna. Analogt med "värme" finns "kyla" med samma egenskaper. Temperatur beskrivs som ett mått på den blandning av värme och kyla som finns i ett föremål. Shayer & Adey (1981) anger också att inom ramen för konkret tänkande blandas temperatur och värme samman.

d) EKNA-projektets två rapporter om begrepp i värmelära, nr 3 (1979) och nr 4 (1979) har studerat föreställningar om temperatur i samband med fasövergångar. De finner, att många elever har vaga uppfattningar om kokpunkt och smältpunkt. I EKNA 3 sammanfattas grundbegreppens i värmelära relationer på s 34.

e) I samband med lufttryck kan en allmän behandling av tryck förekomma. Tryck är en kvotstorhet, med de anmärkningar som har gjorts i punkt (e) under rubriken "Allmän fysik". Elever som i denna kontext tänker konkret-operationellt kan förväxla tryck med kraft (Shayer & Adey, 1981).

LJUS

a) Redan det inledande begreppet "ljuskälla" har många optioner i vardagen: matta, klara eller färgade glödlampor; lysrör med olika färgtemperatur; natriumlampor över vägar; discobelysning; halogenlampor i billykator; blyxtkuber och elektronblyxtar, osv - där klassificeringsgrunderna och urvalskriterierna är otaliga. Detta talar för en fylligare behandling av ljuskällor och belysning än vad som hittills varit tradition. Dessutom: "Hur ordnade man belysningen före elektrifieringen?"

b) Utgångspunkten för fortsättningen bör vara vardagens optiska instrument: strålkastare (ficklampa), speglar, kikare, projektor, kamera, lupp, glasögon. I samband med luppen är det lämpligt att behandla fresnellinsen, eftersom denna inte alls är ovanlig. (Endast en lärobok, i Lgr 69, har hittills nämnt den.) Att utgå från de optiska instrumentens konstruktion, i stället för att behandla dem avslutningsvis, betyder att man

- identifierar optiska komponenter och undersöker, vilken funktion de har där. En konkav spegel i en projektor tar till vara lampans bakåtsstrålning, medan den i en make-up-spegel skall ge en förstorad bild av ett ansikte. Elevens resulterande kunnande kan sedan systematiseras (reflexion, brytning, spridning), om detta bedöms önskvärt;

- motverkar trivialiseringen av de optiska instrumenten, vilken ofta syns i läroböckerna. En kamera framställs med en bikonvex lins som objektiv, ibland också med bälq. Undantagandes förlängningsbälgar till systemkameror, försvann bälgkameran ur amatörfotografens sortiment tillsammans med storformatfilmen i början av 1960-talet. Ungefär samtidigt producerades de sista kamerorna med menisklins, vilka torde ha varit de billigaste Instamatic-varianterna. Naturligtvis är det viktigt att eleverna upptäcker den enkla konvexa linsens avbildande egenskaper, men det bör då åtminstone beröras varför man inte använder en sådan i stället för ett komplext, dyrbart linssystem i kameran.

c) Strålgången i linser och speglar skall visas men ej betonas i den grad det görs i dagens läroböcker. Tonvikten är, som framgår, lagd på linsers och speglars (virtuella och reella) avbildande egenskaper. Om dessa skall systematiseras, så kan man gå två vägar:

- en empirisk regelsamling;
- en förklarande ansats med fullständiga, formaliserade strålgångskonstruktioner.

Den senare ansatsen kräver lång tid och många färdighetstränande

Övningar. I hittillsvarande läromedel innebär strålgångskonstruktionen oftast en redovisning av hur ett infallande parallellt strålnippe bryts respektive reflekteras i konkava och konvexa linser och speglar. Det räcker ej för att förklara de reella och virtuella bilder som eleverna möter i tillämpningarna och bör därför ej göras till ett självändamål. Observera dock, att en bekantskap med nämnda strålgångar krävs, om man vill systematisera begreppen enligt den ljusmodell, som nämns i nästa punkt.

d) Shayer & Adey (1981) redovisar konkret-operationell och formellt-operationell förståelse av ljus. Den är dock av mindre intresse här, då den i huvudsak berör fysikalisk optik. För svenska högstadiets del torde den geometriska optiken vara mera relevant. EKNA 8 (1981) har undersökt grundskoleelevers uppfattningar om ljuset. De finner en svårighet hos eleverna att skilja mellan ljus som perception och ljus som fysikaliskt begrepp, dvs det som i rapporten kallas "optikens nyckelidé": "Ljus är ett fysikaliskt objekt som existerar och utbreder sig i rummet, skilt från källor och effekter". Utgående från denna idé formulerar de den geometriska ljusmodellen i åtta postulat (s 16-17):

"1. Varje punkt av en primär ljuskälla emitterar strålar, vilka divergerar åt alla håll från punkten ifråga.

2. Ljusstrålar i ett likformigt medium utbreder sig linjärt.

3. Varje punkt av ett föremål kan transmitta, absorbera eller reflektera infallande strålar.

4. Ljusstrålar reflekteras, med infallsvinkeln lika med reflexionsvinkeln.

5. Ljusstrålar bryts vid passage från ett medium till ett annat. (Snells brytningslag kvalitativt)

6. Närhelst ett strålnippe som divergerar från en punkt P på ett föremål möts igen i en annan punkt P_1 på grund av reflexion och refraction, ger de upphov till en bild av punkten P i P_1 .

7. Ett föremål som ses genom reflexion eller refraction verkar befinna sig i den punkt från vilken strålarna, som faller in i ögat, divergerar.

8. Strålar som ger upphov till vitt färg består av strålar som ger upphov till färgerna rött, orange, gult, grönt, blått, indigo och violett."

(Till punkt 8 kan anmärkas att det räcker med två komplementfärger.) Avslutningsvis diskuteras i rapporten en undervisningsgång (EKNA 8, 1981, s 95-100), som förhoppningsvis skall leda till en förståelse av optikens nyckelidé.

En systematisering av det kunnande, som arbetet med de optiska instrumenten förhoppningsvis leder till, enligt dessa postulat kan försvaras, men är ej obligatorisk. Eleverna kommer att handha, ej att bygga, optiska instrument i vardagslivet, och därför kan likaväl en empirisk "naturlära"-ansats försvaras.

LJUD

a) Ämnesområdet har av tradition behandlats inom fysikämnet, men man kan diskutera en samverkan med - eller totalt överförande till - biologiämnet. Grundbegreppen är i högre grad än inom området "ljus" perceptuellt förankrade. Olika människor hör inom varierande frekvensintervall och uppfattar klangfärger olika. Den fysikaliska definitionen av "ton" och "buller" kan också verka fristående från vardagsuppfattningen. Vad en hårdrockare uppfattar som toner kan en synthare kalla buller. Läroplanens betoning av buller som miljöproblem talar också för en tvärdisciplinär framställning. De mera "fysikbetonade" aspekter på ljudområdet som finns i vardagslivet är

- ljudöverföring, dvs mikrofön-förstärkare, telefon;
- ljudkonservering, dvs grammofon, bandspelare och ev ljudfilm.

Om tiden över huvud taget medger en behandling av dessa aspekter så kan de lika väl falla inom ramen för elläran.

b) Även om man enbart behandlar ljud i ett arbetsmiljöperspektiv, så är begreppen "frekvens", "tonhöjd", "tonstyrka" och "ljudnivå" centrala.

c) Några föreställningar om ljud har, såvitt jag funnit, ej redovisats.

ATOMFYSIK

a) I dagens samhälle krävs det oundgängligen att medborgaren skall kunna granska och ta ställning till två av atomfysikens tillämpningar:

- den radioaktiva strålningens tillämpning bl a inom sjukvården, men även märkning och mätning med radioaktiva isotoper. En samordning med biologiämnet bör göras, eftersom kunskande om strålningens inverkan på levande organismer är ett fundament för ställningstagande. På senare tid (detta skrivs samma år som reaktorhaveriet i Tjernobyl skedde) har enheterna för aktivitet och dosekvivalent blivit allmängods i massmedia, och därför måste dessa enheter behandlas;

- kärnenergins användning i fred (olika reaktortyper) och krig (kärnvapen), men också som källan bakom stjärnornas energiproduktion.

Dessa två tillämpningsområden bör alltså utgöra undervisningens tyngdpunkt.

b) Under rubriken "atomfysik" innefattar jag här en diskussion av atomhypotesen för materians uppbyggnad samt dess användning som förklaringsmodell för bindning, värmeutvidgning, elektrisk ström, magnetism osv.

EKNA-projektets undersökningar av elevuppfattningar om materia (EKNA 7, 1981; EKNA 12, 1984) har utmynnat i en diskussion om atomhypotesen. Huruvida en detaljerad tillämpning av atomhypotesen är lämplig för högstadie-elever eller ej kan naturligtvis diskuteras. Om atomhypotesen skall utvecklas, så är det ånyo värt att trycka på att den behandlas som en hypotes, dvs att ingen hittills har sett en atom utan att den är ett antagande med högt förklaringsvärde. Bl a Kärqvist (1985) påtalar att nuvarande läromedel ej skiljer mellan modell och observabel verklighet utan behandlar även modellerna som fakta.

c) En annan fråga, som läroplanen ej svarar på, är hur långt eventuella atommodeller skall utarbetas. Ställningstagandet måste ske i samråd med kemiämnet. Om en målsättning är att behandla jonladdningar och en inledning till periodiska systemet, så behöver Bohrs atommodell ligga till grund härför. Det finns emellertid inget huvudmoment som påtagligt stöder en sådan tolkning. Det närmaste man kommer är "undersökningar av ännens egenskaper och reaktioner" (Lgr 80, s 117). För introduktion till radioaktivt sönderfall "räcker" Rutherfords atommodell. Man bör dock ej stanna där och låta Rutherfords modell framstå som forskningsfronten inom atomfysiken. En särskild poäng med Rutherfords modell är ju att den är klassisk, dvs liknar atomens struktur vid ett planetsystem på grundval av att krafterna mellan komponenterna i båda fallen har samma avståndsberoende, $1/r^2$. Samtidigt strider den mot en annan del av den klassiska fysiken, nämligen Maxwells ekvationer. Dessa visar att en Rutherfordsk atom skulle vara instabil och kollapsa inom bråkdelar av en sekund. Detta kan påtalas och leda över till en kort och kvalitativ diskussion av den kvantmekaniska atommodellen.

ASTRONOMI

a) Framställningen av astronomin innehåller en sammanvägning av två inriktningar:

- en astrofysikalisk inriktning, som innebär tillämpningar på gravitationell växelverkan, relativitetsteori och kärnfysikaliska processer;
- en deskriptiv inriktning, där observationer av universum redovisas.

Den senare inriktningen bör, enligt min tolkning, dominera, om dock ej totalt. Såväl i populärvetenskapliga TV-program om rymdforskningens senaste landvinningar som i science-fiction-filmer ställs eleven inför astrofysikaliska begrepp. Särskilt angeläget är det att ge utrymme för en kort, icke-matematisk framställning av relativitetsteorin och vissa

konsekvenser av den. Förhållandena i universum ger möjligheter att testa relativitetsteorins förutsägelser som inga jordiska laboratorier kan erbjuda. Exempel är ljusstrålars avböjning vid passage av solen och dopplereffekten för ljus. Man kan komma över till teorin för svarta hål som ett slutstadium i vissa stjärnors liv. Detta är något som många elever har hört talas om och som de funderar över. Längdkontraktionen och tidsdilatationen har de möjligen också mött i science-fiction-filmer, där ofta framställt mera spektakulärt än fysikaliskt korrekt.

Att jag ändå förordar den deskriptiva astronomin beror till stor del på den idéhistoriska uppläggning, som momentet därigenom kan få. Astro nomi, tidigast astrologi, är den äldsta grenen av fysiken, och astronomin utveckling är en bild av fysikens. Elever som är vana vid att använda komplicerade apparater kan kanske förundras över precisionen i de mätningar som Tycho Brahe åstadkom med enkla instrument och obehäpnat öga. Sist, men inte minst, har de tidigare världsbilderna vara knutna till religioner och kan därför bilda en bakgrund till en förståelse av skildra kulturens religiösa kontext. Därmed får inte en diskussion kring den nutida, dynamiska bilden av det ofantliga universum försummas. Det ljus, som Vintergatans avlägsnaste stjärna sände ut vid den senaste jordiska istiden, har nu bara hunnit en åttondel av avståndet till oss. Nästa stora galax ligger 2,2 miljoner ljusår från oss!

En fyllig beskrivning av världsbilder genom tiderna finner man i Nuffield Physics, Teachers' Guide V (1967).

b) Aspekter på elevers i åk 7 (och åk 2) föreställningar om jorden, rymden och gravitationen finns i EKNA 15 (1985). Däri visas bl a, att åtskilliga elever i åk 7 ej har uppfattningen att dragningskraften alltid är riktad mot jordens centrum. Olika föreställningar om orsaken till dag och natt redovisas också.

ENERGI

a) Jag behandlar energibegreppet sist, men det skall inte ses som någon smygsekvensiering. Många av de tidigare begreppen kan omedelbart relateras till eller utgå från energibegreppet. Lika väl som tecken på växelverkan tolkas i termer av kraftverkan så kan de tolkas som energiöverföringar. Det är för övrigt den fundamentala skillnaden mellan Newtonformalism respektive Lagrange- och Hamiltonformalism i mekaniken. EKNA-gruppen har på flera ställen förespråkade en betoning av begreppen "energigivare", "energimottagare" och "tecken på energiöverföring" (EKNA 3, 1979; Kärr-

qvist, 1985). Deras inriktning mot energi som övergripande begrepp kan återföras på LMN-projektet. Centralt för LMN-projektet var en process-inriktad undervisning, centrerad kring några få nyckelbegrepp, däribland "system", "växelvekan" och "energi". I projektets läromedelsprototyper behandlas först förändringar i ett system som tecken på växelvekan, men boken för åk 5 (LMN 5, "Energikedjor, näringskedjor") tolkar i stället systemförändringar som tecken på energiöverföring. Energibegreppet belyses där ur såväl biologi- som fysik/kemisynpunkt. Biologisekvensen behandlar energi i form av organismens näring och näringskedja. Fysik/kemidelen inför energigivare, tecken på energiöverföring och energimottagare, sedermera utvidgat till energikedja.

b) Oavsett energibegreppets status i fysikämnet bör området behandlas tvärdisciplinärt, dvs i samband med kemisk energi och med energiom-sättningar i biologiska system.

Med detta diskussionskapitel ...

... är avhandlingen väsentligen slut. Min förhoppning är att den har visat på behovet av eftertanke i urvalet av fysikämnets på högstadiet innehåll och form. Arbetet med den har fått mig att börja ifrågasätta och fundera på min fysikundervisning. I själva verket är det nog jag som är (var?) den invariante fysikläraren i avhandlingens inledning.

"Physics teaching remains in a state of rest or uniform motion in a straight line until acted upon by an external force" (Svenstam, i Nilsson, 1986, s 93)

Om avhandlingen dessutom kan bidra något litet till en synkronisering av läroböcker och läroplan så är jag mer än nöjd.

15. SUMMARY

15.1. Part I: Aim, Background and Prospect

In the dissertation I intend to study six questions in detail:

1. What do the grammar school's regulations and the comprehensive school's curricula say about the aim, the choice and the organization of the physics matter?
2. What is the concrete matter in the corresponding textbooks?
3. Which connections can be deduced within different levels on regulations/curricula and between regulations/curricula and textbooks respectively?
4. Which principles of selection can be deduced as lying behind this subject matter?
5. Can the subject matter be chosen according to other principles?
6. Which consequences for selection and sequencing of the material would the latter principles get in that case?

The questions will partly be dealt with in a different order in the dissertation. It can be classified as concerning didactics in physics. By way of introduction, it is important, therefore, to discuss what is meant by didactics in physics.

For those who work with education and research on education, didactics has become a fashionable word. The word is of Greek origin and from the beginning means "the learning of teaching" or "the art of teaching". In today's terminology a difference is made between general didactics and didactics in a certain subject. It is normally said that the latter tries to answer these questions:

- **what** should the teaching contain?
- **why** exactly should these contents be taught?
- **how** should these contents be taught?

The didactics on a certain subject questions the contents of the subject to a larger extent than the methodics which is regarded as dealing only with the last of the three questions. The definition is more like a slogan than distinct guidance. There are more stringent definitions. Furthermore, several different dimensions are found in literature to classify research on didactics on a certain subject. The one model on didactics in physics along which I work, is discussed in section 1.3 and

is given a concrete form in Figure 1.3. The three parts of the dissertation are related to the didactic model as is shown in Figure 1.4.

I intend to deal with the whys/whats of the teaching of physics, going more closely into the contents of the subject when the pupils on the secondary school level met/meet with the subject for the first time - namely in the Junior High School ("realskola") and on the senior level of the Comprehensive School ("grundskolans högstadium") between 1905 and 1985. The chosen time interval is interesting from several points of view. The 20th century constituted a turbulent science in physics, where classical physics saw its limitations. Physics in the world of the atom and physics for objects which move at nearly the speed of light were being worked out. A didactic debate on physics was held, where different alternatives were given and tested. The Swedish school system was changed. Firstly a Junior High School as an independent part of the Grammar School concluding with an examination was introduced and after that the parallel school was replaced by a compulsory school for all pupils.

Round the turn of the century the faculty psychology was looked upon as a basis for teaching. The intellect of the child was supposed to consist of different "faculties" e. g. memory, logical thinking, etc. The teaching should train these faculties. Irrespective of what the child learnt and even if he forgot what he had crammed he should thereby have sharpened his thinking capacity, thus becoming more intelligent. A drill in, for example, Latin and Greek or in the geometry of Euclid, was furthermore supposed not only to stimulate the abilities belonging to languages and mathematics. By "spreading", the stimulus was spread even to the other faculties so that the pupils had it to their advantage when they were studying quite different areas.

In the USA the faculty psychology was put under debate around the turn of the century. The psychologist G. Stanley Hall published an attack on the teaching of physics at that time. He denounced the faculty psychology and replaced it with the developmental psychology of his own, the so-called recapitulation theory. Attention to Hall's criticism and theories was paid by a group of young teachers of physics, who worked for a presentation of physics instruction, more relevant to the pupils. Among other things they wrote textbooks and debating articles where Hall's developmental psychology was put into practice. However, Hall's star only shone during the first decade of the 20th century; it fell and was replaced by

that of Thorndike.

Edward L. Thorndike was professor of psychology at the University of Columbia between 1904 and 1940. His experimental studies of 1901 examined the faculty psychology and falsified it to a great extent. Thorndike also questioned Hall's recapitulation theory. Behind Thorndike's criticism was his learning psychology, the connectionism. The connectionism soon outdid Hall's recapitulation theory and replaced it as a basis for the planning of textbooks and education on different levels. Irrespective of the extent of the success of the theories, Hall, as well as Thorndike had laid the foundation of scientification of physics teaching.

Around the turn of the century then, a didactic physics debate and growing research were going on. Then, for almost fifty years, this vanished. The "whats" of the learning and teaching was made invisible (Marton, 1983). The science developed fast but the subject of physics in school froze into a static and completed task. Now and then new elements were squeezed into the subject without cutting old ones out. A reaction was on its way, however, in many countries simultaneously.

Towards the end of the fifties, the miscellaneous character of the subject physics, "the Sputnik shock" and anxiety for the recruiting and standard of the students engaged in research led to the fact that some scientists began to analyse the structure and working methods of their sciences - i.e. the interior criteria. The fact that they got a response and received large sums of money for their projects depended on external social factors. Society needed scientists, engineers and technicians with a thorough knowledge of science and technology. The basis of such knowledge is, it is hoped, made at school. Therefore, large companies invested money in developing projects: in the USA the Ford Foundation and the Carnegie Foundation; in England the Nuffield Foundation; in the German Federal Republic the Volkswagen Company. It was typical that the first projects were directed to pupils in selective schools.

This first action of reform can be called the first wave (Sjøberg, 1979). The main outlines of the projects were these:

- a reduction in the number of concepts dealt with to a kernel of utterly central concepts and their relations;
- an increased stress on the scientific process;
- more stress put on experiments and laboratory work;
- a new way of thinking in the examination questions, e.g. experimental problems, criticism and evaluation of articles, among other things.

However, the new projects did not become the success one had expected.

The criticism from the faculty concentrated on the fact that they had let the pendulum swing too far. The process itself had got too much importance and the product too little. In addition to this, social elements worked against the projects. The age of compulsory school attendance had been raised in many countries. In a compulsory school, where all pupils study science, a curriculum intended for an élite of potential graduate students does not work. Furthermore, the pollution and the permanently increasing store of arms showed that science did not perhaps create a better world but that it, on the contrary, was united to the most destructive forces in the world. A critical check-up of the character of science was called for.

These tendencies have been the cause of the **second wave** in the reform of science teaching. Its main lines are as follows:

- a product kernel of central concepts and that the process is on equal terms with the product;
- a critical and evaluating view of physics;
- an ideo-historical outlook;
- integration of subjects;
- a direction towards scientific knowledge for civic competence.

After this didactic survey of physics the remainder of part I will be devoted to "three didactic pictures of physics". The three close-up pictures are subjectively chosen but they complement each other.

The **first picture** shows two textbooks from "the first wave", namely Nuffield Physics and PSSC. The contents are explicitly described and analysed. The reason for examining these textbooks are as follows:

- they represent a break with the product-oriented tradition of textbooks, as they started the process-accentuated presentation of science;
- they have given rise to a great deal of didactic research in physics implying a critical examination of them and to alternative ways to "good" teaching in physics.

The two remaining pictures are connected to the first by questioning the conditions of the use of these textbooks. The criticism of and alternatives to this description of physics proceed along two lines. One of them implies that the behaviouristic theories about learning are called into question. Its most prominent spokesman is the Swiss Jean Piaget and an account of his theories and a critical examination of them and their use make the motive for the **second picture**.

Piaget regards the child's way of thinking as qualitatively separated from that of an adult. Intelligence is a biological system with an urge to be well-balanced with its surroundings. When an individual perceives an occurrence one of two mental processes can happen. Either it fits in into the existing thinking-pattern of the individual or not. In the case of the latter, he remodels or renews his mental structure, so that it fits in with the extended experience, and balance is achieved. This balance never becomes quite complete, but periods of wavering balance are, however, followed by periods with fairly great balance. Piaget considers himself as having identified four such periods of stability:

i) **The sensorimotor stage**, which belongs to the time of infancy and which is characterized by the lack of internalized processes, i.e. the child cannot perform many activities "in its head".

ii) **The preoperational stage** in early childhood, where the child has internalized the action pattern of the previous stage. The thinking, however, is rather uncomplicated, measured by adult standards, and is intuitive rather than logical and deductive.

iii) **The concrete-operational stage** begins thereafter and belongs to late childhood. The thinking processes of the child allow it to effect a logical, deductive reasoning but only about concrete, directly observable information.

iv) The last period is **the formal-operational stage**. According to Piaget it belongs to adolescence and adulthood. The thinking processes are quite abstract and are not dependent on observable data. The individual can demonstrate a stringent, hypothetical-deductive reasoning about hypotheses which do not have to be practicable.

Piaget's four stages only form one part of his theory of the cognitive development. This is described by him with the help of formal logic and algebra. The validity of the theory is controversial. Furthermore, the characteristics and even the existence of the last of the four stages are called into question. Under all circumstances the generality can be doubted.

However, didactic researchers in physics have often concentrated on the stages and have tried to construct criteria with the help of which both students and textbooks should be able to be classified along a cognitive stage. They mean to have found that

- already from the very beginning, the textbooks in physics contain many elements, which demand formal operations to be understandable. Any progression on the proficiency level cannot be stated. The abstract elements

are followed by applications, which demand understanding of the former;
 - 10-20 per cent, at the most, of the pupils in corresponding ages are on the formal-operational stage and have qualifications to profit by the teaching. For the other students physics becomes abracadabra.

In Sweden, only a few attempts have been made on science teaching based on Piaget's developmental psychology. The most extensive attempt originates from the late sixties, namely the LMN-project which in its turn was based on the American project SCIS.

Piaget considered his stage-theory to be general. New investigations tend to show that the cognitive structures, practised by the individual, are dependent on the contents, social factors, conceptual ideas and expectations. A pupil can deal with a certain problem formally in one situation and concretely in another. This implies that the above classifications of pupils and textbooks which have been made from a special situation, cannot necessarily be generalized. This leads us to **the third picture**. The pupil cannot be looked upon as an empty vessel, ready to be filled with knowledge but, as one who comes to the teaching of physics with a great number of his own conceptions of the physical world around him, which he has constructed to try to understand it. Investigations show that these conceptions have great capacity for survival and they can remain long after the school knowledge has been forgotten. Consequently, the third picture will discuss these conceptions.

There is a fairly extensive international research, which tries to delineate pupils' conceptions in physics. Several Norwegian researchers have concentrated on conceptions in mechanics and have found, among other things, vivid reminiscences of the "Aristotel physics". In Sweden, Lybeck has studied how pupils deal with the scientific process. Another Swedish representative is the EKNA project. In the latter, pupils in forms 6 to 9 (and on some occasions pupils in primary school and college students) have answered inquiries and have been interviewed about their conceptions on fundamental notions of matter, heat, electricity and optics. From the results, the researchers of the EKNA project deduce a model for science teaching. In the EKNA-report n:o 14 (1985), Andersson describes a common underlying idea for the everyday conceptions in science, the so called "erfarenhetsgestalten kausalitet", which he supposes can be used as an explanation of some of the "incorrect answers" which pupils hand in as answers to their tasks in physics. Gilbert & Watts (1983) discuss different conceptions in a survey article. Here they also point out that research on pupils' conceptions - in a generalized form called "alternative

frameworks" - shall not be accepted without criticism. The following points of view call for further considerations.

i) It is not yet clear how representative for an individual's way of thinking a specific framework is. In one situation, e.g. at an interview the pupil deals with a concept within a certain framework while in another situation e.g. in a discussion among friends he deals with it in several frameworks. Furthermore, a framework can be dependent on time and accordingly develop in the course of time so that in its original formulation it only constitutes an episode in the intellectual history of the evolution of the individual.

ii) So far, research has concentrated on isolated individuals, as the frameworks are considered to be personal manifestations. One could equally well focus on the individual in a social group, but this has only been done to a very small extent. (see, however, Lybeck, 1981, and Kärqvist, 1985.)

iii) The possible connection between research findings within the context-dependent hypothesis and the context-independent hypothesis has not yet been made clear.

iv) Different models for conceptual development are possible. The one which is used must reasonably influence how to formulate the research problem.

The first part of the dissertation has analysed the rationale behind the textbooks of "the first wave" and "the second wave". In this part I have pointed out options for a rational selection of the contents in physics teaching. "Rational" here means "logically coherent and in agreement with the given values and the view of knowledge". In other words, it hints at what the teaching of physics might be like. What it really was like in the Swedish Junior High School and is like in the Comprehensive School is the theme of the second part of the dissertation.

15.2. Part II: Physics in the Junior High School and in the Comprehensive School

Firstly, I will state and comment upon the problem delimitation. Secondly, a summary of the most important results will be made.

A. PROBLEM DELIMITATION

Time: 1905-1985

School forms: The Swedish Junior High School (*Realskola*) 1905, 1928, 1933

The Swedish Comprehensive School, senior stage (*Grundskolans högstadium*) Lgr 62, Lgr 69, Lgr 80

Sources: Secondary school regulations of 1905, 1928, 1933 and their methodical instructions

Lgr 62, Lgr 69 + supplement, Lgr 80

In all complete textbooks for the teaching of physics in the Junior High School and in the Comprehensive School up to 1985

Structuring principle: Regulations and curricula:

1. Ideology and general objectives (relations between individual and society, aim of knowledge and up-bringing)
2. Objectives in physics
3. Structure (syllabus, principal elements, schedule) + Activity (internal and external forms of work)

Teaching materials:

4. The extent of the contents (definitions and relations; phenomena and applications)
5. The presentation of the contents (orientation, presentation of concepts, use of phenomena and applications)
6. Forms of work (different tasks, control of tasks)

Comments:

The investigation starts in 1905, for in that year the Junior High School was introduced as a separate, complete part of secondary education with, particularly, an introductory and complete course in physics. Earlier there were lower and higher secondary schools without an intermediate examination, where science was studied in the lower forms. This course contained mostly biology and "selected phenomena in physics and chemistry".

Before 1962, parallel school-forms existed, among others being Common and Practical Junior High School, Girls' School and Elementary School. The Practical Junior High school ("*praktisk realskola*") had both major and minor courses in physics with the Common Junior High School as the "mean". The Girls' School had individual courses earlier, where the demand for the so-called normal school-competence ("*normalskolekompetens*"), however, counteracted too great a spread. In consequence of the regulations of the Girls' School in 1928, a standardization towards the Junior High School physics syllabus took place. Thus the Junior High School will represent the selective school forms before 1962.

From the investigation I have excluded the science teaching in the

lower forms of compulsory school. These courses do not aim at a survey of the subject but are rather samples of phenomena in everyday life. The textbooks are also often slimmed-down books from the Junior High School and from the senior level of the Comprehensive School.

The sources stated here are chosen for the following reasons:

- regulations and curricula contain firm descriptions of the objectives and the rules;
- syllabi and methodical recommendations give a concrete form to "the principal elements" and, as it will soon be seen, control the contents of the textbooks;
- the textbooks control the teaching, especially where the selected items and the sequential order are concerned.

B. RESULTS

On the level of **ideology and general objectives**, three formulations can be distinguished. The Junior High Schools can be treated as a unit. So can Lgr 62 and Lgr 69. Lgr 80 will be regarded separately. I will summarize the characteristics of the formulations.

The three regulations of 1905, 1928 and 1933 contain objectives that are oriented to the individual and adapted to society: an all-round education together with an up-bringing partly to the veneration of God, one's native country and the authorities and partly to peace and concord.

Lgr 62 and 69 contain individually oriented, socially adapted and, to some extent, socially changeable formulations of the objectives: knowledge and up-bringing/development which make the pupil into a harmonic, democratic citizen.

Lgr 80 contains individually oriented, socially adaptable but also to a great extent socially changeable formulations of the objectives: knowledge and up-bringing which make the pupil into an active fighter for democracy in a world full of conflict.

The general objectives are expected to be practised on the level **physics objectives**. It seems as if the rather different objectives described above would be able to imply almost the same objectives for physics teaching. The regulations of the Junior High School, Lgr 62 and Lgr 69 say that physics shall deal with everyday physics and technology. The form of work shall be experimental with interaction between experiments and theory. Lgr 80 agrees with this but also adds that a historical view is important

and that the consequences for man and environment be made clear. Whereas the regulations do not state the reasons why physics shall be studied, the curricula of the Comprehensive School stress the fact that the sciences shall be helpful to man in informing himself of the technology of everyday life.

Under the level of physics objectives we find two collateral levels, namely **structure** and **activity**. "Structure" relates to the contents i.e. imposed principal elements and a recommended syllabus; in which forms physics is taught; how many lessons a week and how the division between whole-class lessons and group lessons shall be. "Activity" is taken to mean not only instructions for the organization of classroom instruction but also how the teaching shall be connected to the world around us. In all school-forms it will be found that the subject is taught in the three upper forms, with altogether 5 to 6 lessons a week (7 lessons a week in the regulation of 1928). The Junior High School, Lgr 62 and Lgr 69 systematize the subject-matter according to the scientific sub-disciplines: general physics, mechanics, electricity, ... The fundamental kernel of facts (definitions and relations) is, on the whole, the same one in all forms of school and cover about half of the elements. The rest are phenomena and applications which stand up quite well to the development of everyday technology. In the curricula of the Comprehensive School, one can see that the number of definitions and relations tend to be the same, whereas the number of phenomena and applications are reduced. Lgr 69 gave permission to study integrated science and in this respect predicted Lgr 80's departure from the above mentioned structuring. For in Lgr 80 it is stated that the systematization of the items ought to integrate the sciences and be relevant to everyday life rather than be built on the scientific structure. The historical view is important. Physics do not get a precise number of lessons a week. Instead, a total number of lessons a week for the senior stage is given in the subjects of physics, chemistry, biology and technology. The main elements are brought together under the titles "Man", "The Activity of Man" and "Man and Nature".

To pass on to activity, the Junior High School's activity descriptions already quote the connection of experience, the collaboration of subjects (which is something quite different from the integration of subjects), experimental and investigative ways of working, concrete teaching and study visits. The importance of collaboration between the pupils is first powerfully stated in the curricula of the compulsory school, likewise

individualization and vocational guidance. Lgr 80, finally, adds the importance of societal relevance and goal formulations for the teaching.

With this we will leave the regulations/curricula and step down to the most concrete level, **the textbooks**, which have the most immediate influence on the teaching. In the above paragraph the descriptions have been found to converge, the further down in levels we get. The latest curriculum, Lgr 80, has, however, brought forth a new way of thinking. How is physics presented in the textbooks?

The **extent** of the contents are homogenous concerning definitions and relations. The physics presented is classical physics. Towards the end of the Junior High School's existence and during the time of Lgr 62, the relations get their most formal, algebraic representation. In the textbooks of Lgr 69 and Lgr 80, the writers allow themselves a looser and probably more accessible qualitative discussion. Modern physics represented by electronics together with atomic and nuclear physics were seriously introduced in Lgr 62. The models of explanation of modern physics, however, are mostly the semi-classical models from the beginning of the 20th century. Although electronics and atomic physics have expanded the subject, the other branches have not suffered any reduction worth mentioning in the structure of facts. But a reduction has to be made somewhere. This has been done in the units of phenomena and applications. Mechanics has been heavily reduced. Within electricity, electrostatics has yielded to electro-dynamics and electronics.

The applications of ideo- and technical-historical interest, which were dealt with quite thoroughly during the period of the Junior High School and even, to some extent, during the time of Lgr 62, have been excluded from the textbooks of Lgr 69 and Lgr 80. Instead, the writers seem to have had the ambition to describe topical applications, above all within electronics and astronomy.

Connections with other subjects are rarely done. A connection with biology is made when dealing with the light refraction of the eye. In the textbooks of the Junior High School there was a description of the construction of the organ of speech. Geography is also connected with meteorology, in the books of both the Junior High School and the Comprehensive School.

The **description** of the contents is disciplinary-oriented in practically all textbooks. Certain concepts and relations, namely

- mass, force, work, energy;
- electrical charge, voltage, current, conductivity;
- magnetic interaction, interaction between conductor and field;

have separate descriptions. A governing idea in a textbook's description of the concepts cannot be discerned. The textbooks of the Junior High School, however, have a smaller variation in the descriptions and often follow the way in which the corresponding branch within the science of physics has grown. With Lgr 62 an experimental period with greater variations is introduced. In Lgr 69 and Lgr 80 the books present electricity with a greater stress on atomic models of explanation than before.

First by way of laboratory experiments, definitions and relations are presented. Then the relevant phenomena and applications follow. This means that the greatest part of these, around 90 per cent, function as illustrations. The phenomena can also introduce a concept or motivate the studying of a certain field. These uses occur in 10 per cent of the cases, but a clear difference can be noticed between the textbooks of the Junior High School and the Comprehensive School. Those 10 per cent are a mean value of the whole period of investigation. The Junior High School's textbooks contain only a few phenomena as introductions and practically none as motivations. The variations within the percentage is also small. The books of the Comprehensive School have a much greater share of introduction and motivation applications. It is also noted that the share of introductions decreases with the later curricula, whereas the share of motivations increases. In this respect there is more experiment in the textbooks of the Comprehensive School as the variations in their distributions is much greater than that of the books of the Junior High School.

The textbooks do not exclusively contain facts but also **tasks** of different kinds. I classify the tasks according to the following characteristics:

- experimental or theoretical tasks;
- investigative, verifying or ability-training tasks;
- quantitative or qualitative tasks.

Here, also, it is found that there is a general partition between the textbooks of the Junior High School and the Comprehensive School. Half of the experimental tasks (mainly laboratory instructions) in the Junior High School were quantitative i.e. they were aimed to lead to a numerical or algebraical answer. In the textbooks of the Comprehensive School this share goes down to around 30 per cent. Here the results are permitted, to a larger extent, to be qualitative, "reasoning". The text-

books of the Comprehensive School also show a larger share of theoretical investigative tasks, about 25 per cent compared with 10 per cent of the books of the Junior High School. These tasks can have a bearing on the study of literature in physics but also on the structuring tasks on the text of the book.

The most dramatic change, however, is in the way the ability-training theoretical tasks are divided. After an introduction full of variations in the books of 1905, the quantitative category, arithmetical exercises, hold more than 80 per cent in the books according to the regulations of 1928 and 1933. The share diminishes by the time the Comprehensive School is introduced. After another great variation in Lgr 62 the share stabilizes with approximately 25 per cent in Lgr 69 and Lgr 80. The absolute number of quantitative tasks is, however, unchanged in the textbooks of Lgr 69 and Lgr 80, compared with the textbooks of the Junior High School. The change in distribution arises from the short exercises of programmed instruction. As from Lgr 69 all textbooks have a workbook with tasks of all kinds, either separate or integrated in the text.

Finally, something will be said about the control of the pupils' tasks, where I have restricted myself to the investigative and verifying experimental tasks. Scope for the pupils' own thinking in the problem solving situation has been small. On an average made of all textbooks, the number of laboratory instructions, which give the pupils a possibility of accomplishing the tasks themselves, has been less than 10 per cent. The minimum was attained during the time of Lgr 69 with 3 per cent. 97 per cent of the instructions there regulate the laboratory work in detail by using a programmed approach, which in every detail directs the steps along which the pupil must think. The tendency is similar in Lgr 80 as well, but attempts to find new ways can be discerned.

15.3. Part III: Discussion

What now remains is this

i) to shed light on the determinants for the selection of subject-matter and values on different levels in the teaching of physics in the Junior High School and the Comprehensive School;

ii) to make a synthesis of the implications for the teaching of

physics to which the didactic pictures lead.

This I shall try to do in the third and concluding part of the dissertation.

It will be found that a tradition for the contents of the textbooks is established quickly. At the beginning of the century there was a consensus between the intentions of the curriculum, the contents of the textbooks and the scientific paradigm. As the century proceeds, the already established tradition of textbooks brought with it an increasing separation from curriculum and science. I make hypothetical explanations to two spontaneous reflections on the empirical results:

A. Why was the tradition of textbooks in the Junior High School continued on the senior level of the Comprehensive School?

A.1: At the transitory stage between the Junior High School and the Comprehensive School the two school forms were being compared. One way of attempting to "live up to the educational level of the Junior High School" might be to choose textbooks resembling those of the Junior High School. The first hypothesis is, therefore, the competition with the Junior High School.

A.2: It is probably easier to write a textbook based on a concrete syllabus than one based on more abstractly expressed objectives and outlines. The traditionalism of the syllabi favour the conformity.

A.3: The publishers of textbooks have demands on profitability on a textbook. Teachers' tendency towards conservatism, individualism and presentism (Lortie, 1975) may act in the direction of choosing traditional textbooks. "Different" textbooks get only one chance - if they do not sell, there will be no second edition.

A.4: An alternative description of physics, perhaps more adjusted to phenomena and linked up with the world around us would possibly demand a different set of experimental equipment, but an exchange is economically impracticable. The new description must consequently be built on traditional physics equipment, and this, in any case, does not simplify an alternative teaching of physics.

A.5: At least throughout the sixties, physics was looked upon as an exemplary science: neutral in value, nomotetic and controlled. Physics dealt with apparatus, not with people. In the curricula, especially in Lgr 62, this is reflected by an emphasis on the specialist orientation in society and consequently in school. The tendency to look upon physics as being far above mundane strivings, I have called the ivory tower factor.

This fifth hypothesis must be considered as the heavy one, which legitimates the other four.

B. Why were the contents influenced to such a small extent by modern physics?

B.1: The tradition of textbooks was formed during the time of the Junior High School. Those writers of the long series of textbooks had taken their degrees (in most cases a "FL" $\approx$ M.Sc. or a Ph.D.) within the paradigm of classical physics. They combined their writings with teaching posts in secondary grammar schools or teacher education. Reasonably, the physics they presented in their textbooks ought to have been the sort they were masters of: classical physics. The hypothesis can be titled: **the background of the writers.**

B.2: The second hypothesis can be called **the abstraction factor**: the textbooks mainly contain classical physics, because it is the kind of physics, which can be applied to everyday life and which can be explained in concrete terms. In this there is, however, a pit-fall, which you risk falling into when you try to make clear concepts from the scanty modern physics with the help of concrete models. The models cannot develop understanding to any great extent as they are concrete and hence follow the classical physics. The reasoning is also carried on by Kärrqvist (1985) who has found that today's textbooks for the senior level, of the Comprehensive School use models as isolated spot-explanations instead of sorting out their limitations and possibilities, in order to practise the models consistently after that.

The second part of the dissertation shows that the textbooks make it easy for the pupils to comprehend physics as a static mass of knowledge without pre-, present and post-history. Part I gives another picture of the teaching of physics. Can a synthesis be done?

In the description above two pairs of descriptors have been the background, explicitly or implicitly. They are: process/product and empiricism/constructivism.

The first pair describes the two sides of scientific knowledge:

- **process** i.e. how the scientist is working;
- **product** i.e. what other scientists have done.

The second pair of descriptors refer to the view of how the scientific knowledge grows in the individual:

- **empiricism**, which supposes that all knowledge about the observable

world is obtained via our senses. These objective observations accumulate in the, to start with, "empty head". If they are sufficiently accurate and systematic they can be transferred logically to generalizations, which, in their turn, can combine into science;

- **constructivism**, which implies a dissociation of the idea of the pupil as an empty vessel. Constructivism, on the other hand, holds forth that the pupil has conceptions of the world around him and patterns of thoughts, with the help of which he selects and tries to influence the information in order to thus construct his knowledge.

Constructivism thus looks upon the building of knowledge as an active process, in contrast to the more passive "replenishment" of the empiricism. The three didactic pictures in physics - the textbooks of "the first wave", the Piagetian didactics in physics and the research on pupils' conceptions - together with the textbooks examined can now be placed into these aspects:

- the traditional textbooks are characterized by empiricism and product orientation;

- the textbooks of "the first wave" are empiristic but are oriented towards process;

- the Piagetian didactics in physics is based on a constructivist view of knowledge and include product as well as process aspects;

- the research on conceptions has its main point in constructivism and product.

In the dissertation I have discussed and compared different aspects of the selection of the contents of physics, different rationales. In conclusion I decide on the constructivist approach in a discussion about the selection principles behind the subject-matter in physics according to Lgr 80, in other words a formulation and an application of a "rationale fragment".

The societal view of Lgr 80 is that of a participative democracy in a society full of conflict. The role of the school is, therefore, to give up-bringing and knowledge for a civic competence. As far as general subjects are concerned one can discern three principles in the selection of the contents:

1. A desire for a subject encroaching working method within, as well as between, the natural and social sciences.

2. The conflict aspect makes it important that the ethical questions of science be illuminated (environmental consequences, integrity problems etc).

3. The contents shall be concerned with central concepts and connections.

Central concepts is a word of honour. There is, with certainty, an unanimous idea of the importance of the central concepts in teaching. On the other hand, it is not satisfactorily defined which these central concepts are. Lgr 80 (p. 65) indicates that the central concepts are defined in the objectives of the syllabi. From the principal elements the subject-matter shall then be derived, with which the pupils shall work and which illuminate the central concepts and apply them to the subject physics. According to Englund, Svingby & Wallin (1986) a selection of central concepts must include a conception of knowledge as well as a principle for selecting the contents of the subject. I will take this as my point of departure.

The Conception of Knowledge

I choose the constructivist view of knowledge: the pupil creates his knowledge himself via an active mental process, carried on by his internal motivation. This is, quite clearly, the opinion of Lgr 80, too (Lgr 80, p. 13, p. 14). Both the Piagetian research and the conceptions research can contribute to this view of knowledge. The research of Piaget and his successors seem, in certain respects, to stand in opposition to the research of conceptions. It is possible that, to a large extent, the opposition is apparent and has arisen from the fact that Piaget's theories have been used in predicting purpose. On the contrary, they most certainly have their strength in forming a platform for understanding together with the research of conceptions.

Principles for the Selection of Subject-matter

The selection principle is inferior to the conception of knowledge. A constructivist view of knowledge has, as its first consequence, that a thorough learning needs time for the internal process of preparation. The subject-matter must be as limited as possible.

I have discussed two aspects on the subject physics. One is "orienting on the science of physics", a mini-science, which, in its planning issues from the structure of the discipline and which can be deduced back to the objectives of the Junior High School to give basis for possible studies of physics at a secondary high school level. This view has

dominated the textbooks. The other is an "orienting to be able to manage commonplace science", mainly the view of Lgr 80. The meaning of this division was to point out the discrepancy between the aims of the textbooks and the objectives of the curriculum, but there is nothing which can prove that the two aspects on physics are mutually exclusive. What I mean is that teaching physics for a civic competence must consider both aspects, but that "orienting in commonplace science" is superior in the intentions of the curriculum and therefore decide which concepts, relations and applications must be chosen. If these should thereafter be arranged discipline-oriented or according to any other principle still remains to discuss, test and evaluate.

The discussion can, so far, be put into a concrete form as is done in Figure 14.14. Last of all in the dissertation I make a list of the product concepts in physics which I consider can be deduced from the principal elements of Lgr 80 against this constructivist background and demands on physics for civic competence. They will not be accounted for in this summary. Instead, I refer to section 14.3.

TABELLBILAGA

I denna tabellbilaga har vissa skrymmande tabeller samlats.

Tabell 1 är en sammanställning av moment i de föreslagna kursinnehållen ur läroverksstadgor, läroplaner, metodiska anvisningar och supplement. Den kommenteras i kapitel 9.

Tabellerna 2-13 är sammanställningar av moment inom olika fysik-områden ur de undersökta läroböckerna. De kommenteras i kapitel 10.

FÖRTECKNING

- Tabell 1. Sammanställning av moment i de föreslagna kursinnehållen ur läroverksstadgor, läroplaner, metodiska anvisningar och supplement
- Tabell 2. Moment i allmän fysik och mätteknik
- Tabell 3. Moment i allmän mekanik
- Tabell 4. Moment i vätskemekanik
- Tabell 5. Moment i gasmekanik
- Tabell 6. Moment i värmelära med meteorologi
- Tabell 7. Moment i elektricitetslära
- Tabell 8. Moment i magnetism
- Tabell 9. Moment i elektronik
- Tabell 10. Moment i optik
- Tabell 11. Moment i akustik
- Tabell 12. Moment i atom- och kärnfysik
- Tabell 13. Moment i astronomi

Tabell 1. Sammanställning av moment i de föreslagna kursinnehållen ur läroverksstadgor, läroplaner, metodiska anvisningar och supplement.

	1905	1935	1955	1958	1962	1969
ALLMÄN FYSIK OCH MÄTTEKNIK						
Definitioner och samband						
Materialens aggregationsformer	*	*	*	*	*	*
Längd och tid	*	*	*	*	*	*
Fart, acceleration, retardation			*	*	*	*
Massa, volym, densitet	*	*	*	*	*—	*
Relativ rörelse				*		
MEKANIK FÖR FASTA KROPPAR, VÄTSKOR OCH GASER						
a) ALLMÄN MEKANIK						
Definitioner och samband						
Kraftbegreppet	*	*	*	*	*	*
Kraftparallelogrammen	*	*	*	*	*	
Tyngd, tyngdpunkt, jämvikt	*	*	*	*	*	*
Tröghetslagen			*	*	*	*
Kraftekvationen			*—	*—	*—	*—
Lagen om kraft och motkraft			*		*—	*—
Hävstångslagen	*	*	*	*	*	
Arbete, energi och effekt. Energiformer, verkningsgrad	*	*	*	*	*	*
Särskilda fenomen och tillämpningar						
Friktion	*	*	*	*	*	*
Fallrörelse och kaströrelse	*	*		*	*	
Centralrörelse	*	*	*	*	*	*
Plan pendelrörelse	*		*	*		*
Vågar		*	*—			
Lutande planet	*	*	*	*		
Andra kraftbesparande anordningar	*				*	
Elastiska krafter				*		
Elementär relativistisk mekanik						*
b) VÄTSKEMEKANIK						
Definitioner och samband						
Vätsketryck	*	*	*	*	*	
Arkimedes' princip	*	*	*	*	*	
Särskilda fenomen och tillämpningar						
Viskositet			*	*	*	
Kommunicerande kärl		*	*	*		
Ytspänning			*	*		
Kapillärkrafter	*	*				
Hydraulisk kraftöverföring				*		
Tillämpningar på Arkimedes' princip			*		*	

Tabell 1, fortsättning

	1905	1935	1955	1958	1962	1969
c) GASMEKANIK						
Definitioner och samband						
Gasttryck. Gaslagarna	*	*	*	*—	*	
Lufttryck	*	*	*	*	*	*
Särskilda fenomen och tillämpningar						
Manometern		*	*			
Barometern	*	*	*	*	*	*
Pipett och hävert	*	*	*	*		
Luftpumpar	*—	*	*	*		
Vätskepumpar	*—	*	*	*		
Viskositet			*	*	*	
VÄRMELÄRA MED METEOROLOGI						
Definitioner och samband						
Spridning av värme	*	*	*	*	*	*—
Värmeutvidgning	*	*	*	*	*	*
Omvandlingar mellan aggregationsformerna	*	*	*	*	*	*
Elementär kalorimetri		*	*	*	*	*
Särskilda fenomen och tillämpningar						
Termometern	*	*	*	*		
Uppvärmning av bostäder	*					*—
Värmemotorer:						
Ångmaskinen och ångturbinen	*	*	*	*		*—
Kolvmotorn		*	*	*	*	*
Reaktionsmotorn			*	*	*—	*
Kylanläggningar						*
Vattnets kretslopp i naturen		*	*	*	*	*
In- och utstrålning av värme. Lufttemperatur		*	*	*		*
Lokala vindar. Vindar kring hög- och lågtryck	*—	*	*	*		*
Väderlekstyper och deras orsaker				*	*	
Moln		*	*	*		*
Väderlekskartor, väderleksförutsägelser	*	*	*	*		*—
ELEKTRICITETSLÄRA MED MAGNETISM OCH ELEKTRONIK						
a) ALLMÄN ELEKTRICITETSLÄRA						
Definitioner och samband						
Gnidningselektricitet	*—	*—	*	*	*	*
Växelverkan mellan laddningar	*—	*—	*	*	*	*
Ledare och isolatorer			*	*		*—
Influens		*	*	*		
Ström	*	*	*	*	*	*
Spänning		*	*	*	*	*
Resistans		*	*	*	*	*
Ohms lag		*	*	*		
Elektriska kretsen. Serie- och parallellkoppling					*	*
Elektrisk energi och effekt				*	*	*

Tabell 1, fortsättning

	1905	1935	1955	1958	1962	1969
Särskilda fenomen och tillämpningar						
Elektroskopet		*	*	*		
Elektricitetsmaskiner	*—	*	*	*		
Gnistan. Åskan	*	*	*	*	*	
Galvaniska element. Ackumulatorer		*	*	*	*	*
Strömmens värme- och ljusverkningar	*—	*	*	*	*	*
Elsäkerhet. El i hemmet					*	*
b) MAGNETISM						
Definitioner och samband						
Permanentmagneter	*	*	*	*	*	*—
Magnetisk växelverkan	*	*—	*	*	*	*—
Magnetiska fält		*	*	*	*—	*
Elektromagneter		*	*	*	*	*—
Induktion	*	*	*	*	*	*
Magnetisk influens		*	*	*		
Särskilda fenomen och tillämpningar						
Jordmagnetismen. Kompassen	*	*	*	*	*—	
Ringklockan		*	*	*		
Telefonen	*	*	*	*	*	*—
Telegrafan		*	*			
Elektriska mätinstrument		*	*	*	*	
Elmotorn		*	*	*—	*	*
Omformaren och likriktaren			*			
Generatorn	*	*	*	*—	!	!
Transformatorn		*	*	*	*	*
Tändsystemet i förbränningsmotorer					*	
Överföring av elektrisk energi				*	*—	*
Växelström				*	*	*
c) ELEKTRONIK						
Definitioner och samband						
Halvledare						*
Särskilda fenomen och tillämpningar						
Elektronrör (dioden, trioden)				*	*	*
Katodstråleröret			*	*	*	*—
Halvledardioden						*—
Transistorn						*
Fotoresistorn och fotoelementet						*—
Fotocellen					*	
Kondensatorn		*	*			*
Elektrisk svängningskrets						*
Radio		*	*	*	*	*
Television					*	*
Radar				*	*	

Tabell 1, fortsättning

	1905	1935	1955	1958	1962	1969
OPTIK						
Definitioner och samband						
Ljuskällor		*	*	*	*	*
Ljusets utbredning			*	*	*-	*-
Ljusstyrka och belysning	*	*	*	*	*-	*
Ljusets reflexion i plana och buktiga speglar	*	*	*	*	*	*
Ljusets brytning vid övergång mellan ämnen	*	*	*	*	*-	*
Ljusets färgspridning	*	*	*	*	*	*-
Särskilda fenomen och tillämpningar						
Linser	*	*	*	*	*-	*
Prismat		*	*	*	*	Valda optiska instrument
Kameran		*	*	*	*	
Luppen		*	*	*	*	
Projektor		*	*	*	*	
Kikaren		*	*	*	*	
Mikroskopet		*	*	*		
Spektroskopet			*			
AKUSTIK						
Definitioner och samband						
Ljudkällor	Valda moment i mån av tid	*	*	*	Akustiska grundbegrepp	*
Ljudets utbredning		*	*	*		*-
Ljudstyrka			*	*		*-
Tonhöjd, tonskala		*	*	*		*
Särskilda fenomen och tillämpningar						
Eko		*-	*	*		*-
Resonans		*	*	*		
Olika musikinstrument		*	*	*		
Ljudregistrering					*	*
ATOM- OCH KÄRNFYSIK						
Definitioner och samband						
Atommodeller				*-	*	*
Radioaktivt sönderfall				*-	*	*
Fission och fusion				*-	*-	*
Särskilda fenomen och tillämpningar						
Röntgenstrålning			*	*	*	*
Isotopteknik				*-	*	*
Kärnvapen. Kärnreaktorer						*
Strålningsrisker						*
Stjärnornas energiproduktion						*

Tabell 1, fortsättning

	1905	1935	1955	1958	1962	1969
ASTRONOMI						
Deskriptiv systematik och fenomen						
Jorden och månen. Tidsräkning. Ortsbestämning	*	*	*	*	*	*
Planetsystemet	*	*	*	*	*	*
Solen	*	*	*	*	*	*
Vintergatan. Stjärnbilderna	*	*	*	*	*	*
Andra galaxer (universums uppbyggnad)		*	*	*	*	*
Tidigare världsbilder					*	
Teorier för universums uppkomst	.					*
Astronomisk avståndsbestämning					*	*
Himlakropparnas skenbara rörelse	*	*	*	*		
Sol- och månförmörkelser	*	*	*	*		
Gravitationslagen		*	*	*		*
Ebb och flod		*	*	*		
Rymdfärder, satelliter och raketer					*	*
Bestämning av ljusstyrka och färg hos stjärnor						*
Radioastronomi						*

Tabell 2. Moment i allmän fysik och mätteknik.

Tabellen anger andelen i procent av skolformens läroböcker som behandlar momentet.

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Definitioner och samband						
Materialens aggregationsformer	75	100	88	78	100	100
Begrepp och enheter:						
Längd	100	100	100	22	100	100
Area	50	67	88	11	50	20
Volym	100	100	100	33	100	100
Tid	75	100	100	100	100	100
Fart	50	67	100	100	100	100
Acceleration och retardation	50	67	100	100	100	100
Massa	100	100	100	89	100	100
Densitet	100	100	100	89	100	100
Äldre måttssystem			13		30	60
Relativ rörelse		33	75	11	30	40
Mätinstrument						
Linjal, måttband	75	67	63	44	100	100
Fasta mått: måttbitar, bladmått				33	20	
Skjutmått	100	100	100	44	100	100
Skruvmikrometer	75	100	75	44	100	100
Räkneverk (vägmätare)	25		13		30	40
Krumcirkel	50	33	13			
Vattenur, sandur				11	60	40
Solur	25	33	38	11	70	40
Pendelur	75	67	63	89	100	100
Fjäderur	50	33	38	22	70	60
Metronom	50		50	44	10	
Tempograf					40	20
Tidtagarur			13	11	90	80
Elur, atomur, kvartsur				11	50	100
Balansvåg, decimalvåg, trebalksvåg	100	100	100	89	90	40
Brevvåg	50	100	75	22	90	80
Fjädersvåg	50	100	50	22	50	40
Besman	75	100	50	11	20	
Snabbvåg, digitalvåg					20	40
Mätglas	100	100	100	67	100	100
Volymbägare	100	100	88	22	40	
Byrett	25	33	25			
Pyknometer	25	67	63			
Ekolod			38	78	60	80
Triangulering					30	50
ENSTAKA FÖREKOMST:						
Pulsräknare (1969)						
Korttidsmätare (1980)						
Geodimeter (1969, 2 st 1980)						
Kartmätare (1905, 1928, 1933)						
Färdskrivare (1969)						
Skala på kartor och ritningar (1969, 1980)						
Mätkolv (2 st 1905)						
Vollpipett (2 st 1905)						

Tabell 5. Moment i gasmekanik.

Tabellen anger andelen i procent av skolformens läroböcker som behandlar momentet.

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Definitioner och samband						
Lufttryck	100	100	100	100	100	100
Instängda gasers tryck	75	100	88	100	80	60
Allmänna gaslagen (eller specialfall av den)	50	67	63	67	30	
Fenomen och tillämpningar						
Manometer	75	100	100	89	80	80
Kviksilverbarometer	100	100	100	100	90	100
Aneroidbarometer	100	100	100	100	100	80
Pipett	25	67	88	56	20	
Hävert	50	100	100	78	40	
Vattensug	25	33	63	67	50	60
Kapselpump			63	67	10	
Cykelpump, andra kolvpumpar	100	100	88	67	30	20
Luftmotstånd		67	75	89	50	60
Otto von Guerickes försök	25	100	75	56	40	20
Ballonger och luftskepp	100	67	88	89	30	40
Flygplan	25		50	67	20	40
Barograf	25		25	22	10	60
Tryckluftsmaskiner			25	67	20	
Dammsugare			25	22	10	
Segling	50	33	38	33		20
Väderkvarnar, vindmotor	75	33	25		10	20
Luftkuddefarkost				11	20	20
ENSTAKA FÖREKOMST:						
Vaskrensare (1962, 1969, 1980)						
Dykarklockan (1962)						
Kviksilverpump (1933)						
Luftvapen (1933)						
Fixerspruta (1933)						
Sugrör (1962, 2 st 1969)						

Tabell 6. Moment i värmelära med meteorologi.

Tabellen anger andelen i procent av skolformens läroböcker som behandlar momentet.

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Definitioner och samband						
Omvandlingar mellan aggregationsformerna	100	67	100	89	100	100
Värmeutvidgning	100	100	100	100	100	100
Spridning av värmeenergi	100	100	100	100	100	100
Specifik värmekapacitivet	100	100	100	100	100	100
Smältvärme och ångbildningsvärme	100	100	88	100	90	60
Kalorimetri	50	33	75	78	60	
Värmeenergi ur atomär synpunkt			50	100	100	80
ENSTAKA FÖREKOMST:						
Förbränningsvärme (1905, 1962, 2 st 1969)						
Lösningsvärme (1928, 2 st 1933, 1962)						
Fenomen och tillämpningar						
Destillation	75	67	75	78	50	20
Bimetall, bimetaltermometer			38	78	60	80
Maximitemometer, minimitemometer, kombinerad	75	33	40	78	30	60
Vätsketermometer	100	100	100	100	90	100
Gastermometer	50	33	13	22		
Termostat				78	50	40
Temperaturskalor:						
Celsius	100	67	88	100	90	100
Fahrenheit	75	67	75	78	40	40
Reaumur	75	33	38	11		
Kelvin			13	67	40	60
Kalorimeter	50	33	25	44	10	
Uppvärmning av bostäder	100	67	88	100	80	60
Värmemotorer och deras användningar:						
Ångmaskin	75	100	88	56	40	40
Ångturbin	75	100	88	67	40	60
Otto-, diesel-, stirling-, wankelmotor	50	100	88	100	70	60
Reaktionsmotor, raketmotor			63	100	60	60
Kylanläggningar		33	50	89	50	40
Lödning, svetsning (med gas eller el)	25		38	44	10	
Tryckkokare, konserveringsapparat	50	67	75	100		20
Termosflaska	50	67	88	89	30	20
Vattnets kretslopp i naturen	25		25	11	10	40
In- och utstrålning av värme	75	67	100	33	40	
Lokala vindar	75	67	75	11	50	100
Vindar kring hög- och lågtryck	100	100	100	89	90	60
Väderlekstyper och deras orsaker	50		25	11		20
Moln, nederbörd	75	67	100	89	100	100
Väderlekskartor	100	67	100	89	90	60
Instrument för väderleksobservationer	100	33	63	78	80	80
Kust- och fastlandsklimat	75	67	75	33	20	40
Temperatur på olika djup i sjöar	75	100	75	67	100	80
Luftfuktighet	100	67	75	100	90	80
Frostsprängning		33	50	44	30	40
ENSTAKA FÖREKOMST:						
Värmepump (1969, 1980)						
Solventil i AGA-fyr (1933, 2 st 1962)						
Koklåda (1905)						
Strålningspyrometer (1933)						
Köldblandningar (1962)						

Tabell 8. Moment i magnetism.

Tabellen anger andelen i procent av skolformens läroböcker som behandlar momentet.

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Definitioner och samband						
Permanent magnetism	100	100	100	100	100	100
Fält kring permanentmagneter	100	100	100	100	100	100
Magnetisk influens	100	100	100	44	20	
Växelverkan mellan magnetändar	100	100	88	78	90	100
Fält kring rak, ströngenomfluten ledare	75	100	100	78	70	60
Kraftverkan på rak, ströngenomfluten ledare i magnetfält		67	25	33	70	40
Fält kring ströngenomfluten spole	25	67	100	100	80	40
Induktion						
i rak ledare	25	67	25		40	40
i spole	75	67	100	100	100	80

ENSTAKA FÖREKOMST:

Kraftverkan på två ströngenomflutna parallella ledare (1969)
 Lenz' lag (1905, 1962)

Fenomen och tillämpningar

Jordens magnetfält	100	100	100	78	60	100
Kompass						
Deklinationsnål	100	100	88	78	90	100
Inklinationsnål	25	100	50	33	20	20
Elektromagnet	100	100	100	100	100	100
Relä			13	33	60	100
Telegraf	100	100	63	22	20	
Ringklocka	100	100	100	89	60	80
Elektriska mätinstrument						
Vertikalgalvanometer, nålgalvanometer	100	100	75	56	40	
Vridspolegalvanometer	50	67	100	100	30	40
Mjukjärnsgalvanometer	25	100	100	67		
Voltmeter	50	100	100	100	100	100
Amperemeter	75	100	100	100	100	100
Kilowattmätare	50		38	89	60	60
Elektrisk motor	50	100	100	89	80	100
Hushållsmaskiner med elmotor	50	67	50	78	60	60
Generator						
Enfas	100	100	100	100	100	100
Trefas	25		38	56	10	20
Transformator	50	100	100	100	100	100
Gnistinduktor	100	100	100	44	10	10
Tändsystemet i förbränningsmotorer	25		13	89	60	40
Roterande omformare och andra likriktare	25		50	22	10	
Virvelströmmar, självinduktio		33	13	22	10	
Överföring av elektrisk energi	50	100	100	89	90	100
Elektricitet och magnetism i kommunikationer	50	33	38			

ENSTAKA FÖREKOMST:

Telex (1969)
 Spegelgalvanometer (1905, 1933)
 Ohmmeter (1969, 1980)

Tabell 9. Moment i elektronik.

Tabellen anger andelen i procent av skolformens läroböcker som behandlar momentet.

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Definitioner och samband						
Fotoelektriska effekten			25	89	50	
Elektron-hål-teorin för halvledare			13	67	100	80
p- och n-dopning av halvledare			13	78	100	80
Fenomen och tillämpningar						
Elektronrör		67	88	100	70	20
Urladdningsrör	75	67	100	89	70	60
Katodstrålerör	25	33	75	100	70	20
Halvledardiod				44	100	100
Lysdiod					20	80
Transistor			25	100	100	100
Fotoresistor			13	11	70	80
Fotoelement			25	33	60	80
Fotocell (vakuumcell eller gasfylld cell)			25	78	40	
Termistor					70	80
Kondensator		67	100	89	90	80
Elektrisk svängningskrets		67	50	56	100	60
Radio (gnisttelegrafering)	75	67	63	100	100	100
Television			38	100	100	100
Radar			38	89	50	20
Datorer				11	50	100
Integrerade kretsar					40	60
ENSTAKA FÖREKOMST:						
Stroboskop (1980)						
Transistortändning (1980)						
Video (1980)						
Termoelektricitet (2 st 1962, 1969)						
Mikrovågsugn (1962, 1969)						
Elektronisk vipa (1969)						

Tabell 10. Moment i optik.

Tabellen anger andelen i procent av skolformens läroböcker som behandlar momentet.

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Definitioner och samband						
Ljuskälla	100	100	88	100	100	100
Ljusets utbredning. Strålnippen	100	100	88	100	100	100
Ljusstyrka	100	100	88	67	70	20
Ljusflöde			13	44	50	20
Belysning	100	100	88	89	100	100
Ljusets reflexion i plana och buktiga spaglar	100	100	100	100	100	100
Ljusets brytning i						
plana ytor	100	100	100	100	90	100
linser	100	100	100	100	100	100
Ljusets polarisation				22	70	60
Ljusets färgspridning. IR- och UV-strålning	100	100	88	100	100	100
Ljusets vågrörelsenatur	50	67	75	100	100	60
Ljusets partikelnatur			13	22	40	
Föremåls färg	50	33	75	79	70	40
ENSTAKA FÖREKOMST:						
Interferens (1980)						
Fenomen och tillämpningar						
Hålkamera			50	33	20	20
Laser					40	40
Make-up spegel, strålkastare	50	67	75	89	80	80
Trafikspegel, backspegel		33	50	67	80	80
Prisma	100	100	100	67	100	100
Kamera	100	100	88	100	90	100
Lupp	100	100	100	100	70	60
Projektor	100	100	88	100	60	20
Kikare						
Astronomisk kikare, prismakikare	100	100	88	100	100	100
Teaterkikare	75		38	22	30	60
Terresterkikare	75	33	50	33	30	
Mikroskop	75	67	88	56	40	60
Spektroskop	25		25	11	20	
Spegelteleskop			25	56	70	
Fotometer, olika konstruktioner	100	67	63	56	50	20
Hägringar	75	67	50	33	10	
Skugga. Kärnskugga och halvskugga	75	67	100	67	40	
Bildkonstruktion i						
plana speglar	100	100	100	56	80	100
buktiga speglar	75	67	75	56	20	20
linser	75	100	100	67	50	20
Ögat. Synfel och deras korrektion	100	67	75	78	60	100
Regnbågen	75	67	50	89	50	60
Periskop			13	78	20	40
Elektronmikroskop				33	10	
Polaroidsolglasögon				22	30	40

Tabellen fortsätter på nästa sida

Tabell 10, fortsättning

ENSTAKA FÖREKOMST:

Gitter (2 st 1962, 1969, 1980)
 Halofenomen (1928, 1933, 1962)
 Solugn (1969, 2 st 1980)
 Fiberoptik (2 st 1969, 2 st 1980)
 Projektionsduk (1962, 1969)
 Halogenglödlampa (1969)
 Fresnellins (1969)
 Infrarödkamera (1962, 1969, 1980)

Tabell 11. Moment i akustik.

Tabellen anger andelen i procent av skolformens läroböcker som behandlar momentet.

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Definitioner och samband						
Ljudkälla	100	100	88	100	100	100
Ljudutbredning i olika media	50	100	88	56	90	60
Ljudet som svängningsrörelse	100	100	88	100	100	100
Ljudstyrka	100	100	63	44	100	100
Tonhöjd	100	100	88	89	100	100
Tonskala	75	100	63	33	40	60
Klangfärg	100	33	38	33	40	20
Infraljud, ultraljud			25	44	20	60
Fenomen och tillämpningar						
Mänskliga hörselns frekvensområde	25	33	50	44	80	100
Eko	100	100	75	78	90	80
Resonans	100	100	88	100	90	100
Musikinstrument						
Stränginstrument	100	100	75	44	80	80
Blåsinstrument	100	67	75	44	70	60
Slaginstrument	25		38	44	30	40
Telefon, mikrofon, hörtelefon	100	100	100	100	100	80
Grammofon	75	67	63	89	70	60
Högtalare			13	78	80	80
Bandspelare			13	100	80	60
Ljudfilm			25	44	40	
Fonograf	50	13	25	22	40	20
Tongenerator				11	40	40
Örats uppbyggnad	25		25		30	20
Talorganets uppbyggnad	75	33	25	11	10	
Ljudbang				33	20	

ENSTAKA FÖREKOMST:

Svävningar (1933)
 Dopplereffekt (1969, 1980)
 Ängvissla (1933, 1969)
 Tryckluftssirén (1933)
 Digital grammofon (1980)
 Ljudisolering (1969, 1980)

Tabell 12. Moment i atom- och kärnfysik.

Tabellen anger andelen i procent av skolformens läroböcker som behandlar momentet.

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Definitioner och samband						
Demokritos' atomteori			13	33	50	40
Rutherfords atommodell			63	78	60	60
Bohrs atommodell			13	78	70	80
Kvantmekanisk atommodell (kvalitativt)				11	40	40
Krystallgitter			13	44	10	
Molekylbegreppet	25		75	89	100	100
Atommassa			13	44	60	80
Kärnans byggnad			50	100	100	100
Radioaktivt sönderfall			25	100	100	100
Kärnreaktioner			25	67	60	60
Fission			25	100	100	100
Fusion			13	100	80	100
Energi-mass-ekvivalensen			38	100	80	100
ENSTAKA FÖREKOMST:						
Thomsons atommodell (1933, 1962, 2 st 1969, 1980)						
Grundämnen och kemiska föreningar (2 st 1969, 1980)						
Antimateria (1969)						
Andra elementarpartiklar (2 st 1962, 2 st 1969)						
Fenomen och tillämpningar						
Röntgenstrålning och röntgenteknik	50	67	100	100	40	60
Geiger-Müller rör			13	100	100	100
Scintillationsdetektor				44	10	
Dosimeter				33	40	60
Dinkammare			13	56	90	80
Isotopteknik				89	90	80
Kärnvapen			38	100	90	100
Fissionsreaktor			25	100	100	100
Strålningsrisker			25	78	70	60
Kosmisk strålning, bakgrundsstrålning				56	50	40
Stjärnornas energiproduktion			50	78	70	60
Kärnkrafter				33	30	40
Acceleratorer			13	56		20
Linjespektrum	25	33	50	67	70	60
Fluorescens, fosforescens			25	33	40	
Becquerels försök				78	50	40
Makarnas Curie arbeten			13	78	70	60
ENSTAKA FÖREKOMST:						
Jonisationskammare (2 st 1962)						
Fusionsreaktor (1962, 2 st 1980)						
Massdefekt (2 st 1962)						
Supraflytande helium (1962)						
Datortomograf (2 st 1980)						
Chadwicks neutronförsök (1969)						
Hantering av radioaktivt avfall (1980)						

Tabell 13. Moment i astronomi.

Tabellen anger andelen i procent av skolformens läroböcker som behandlar momentet.

	1905	1928	1933	1962	1969	1980
Jorden och månen						
Jordens atmosfär	25	67	75	67	90	80
Ebb och flod, springflod och nipflod	25	100	100	67	80	60
Tidräkning	50	100	100	100	100	100
Årstider	25	33	100	89	100	100
Mån- och solförmörkelse	50	100	100	89	100	80
Ortsbestämning	25	100	75	11	20	20
Polarsken			13	33	10	
Rymdfärder, raketer och satelliter			25	78	80	100
Himlakropparnas skenbara rörelse	25	100	88	78	40	40
Månens utseende och faser	25	100	100	100	90	100
Planetsystemet						
De stora planeterna	25	100	100	89	100	100
Asteroiderna	25	67	88	67	100	100
Kometer	25	100	100	89	90	100
Meteoror, meteoriter	25	100	100	78	80	100
Keplers lagar		67	50	67	20	
Solen	25	100	100	100	100	100
Klassificering av stjärnor	25	67	100	100	90	100
Dubbelstjärnor		33	63	67	40	40
Stjärnhopar	25	33	75	56	60	20
Vintergatan	25	100	100	100	100	100
Stjärnbilderna	25	67	100	100	100	60
Andra galaxer, galaxhopar		33	100	100	90	100
Allmänna gravitationslagen, gravitationsfält	25	100	100	100	80	80
Astronomisk avståndsbestämning		33	63	89	60	80
Radioastronomi			13	100	60	40
Tidigare världsbilder		67	38	89	70	60
Teorier för universums uppkomst			13	44	50	60
Stjärnornas utveckling		33		22	40	40
ENSTAKA FÖREKOMST:						
Sextant (1933)						
Van Allen-bälten (1980)						
Kvasarer (2 st 1980)						
Jorden i genomskärning (1969, 1980)						
UFO (1980)						

LITTERATURFÖRTECKNING

LITTERATURFÖRTECKNING

A. Undersökta läromedel i fysik för realskola och grundskola

Ahlström, K-G, Ek, B, Lindskoug, I & Sjöqvist, B: **UNO. Fysik**

1973: Elevens bok åk 7 + UNO-boken

1974: Elevens bok åk 8 + UNO-boken

1975: Elevens bok åk 9 + UNO-boken

Stockholm: Liber Läromedel

Almkvist, G & Knave, E: **Fysiklaborationer för realskolan**

1958: första årskursen

1959: Andra årskursen

1960: Tredje årskursen

Stockholm: Svenska Bokförlaget/Bonniers

Almkvist, G, Knave, E & Lindholm, S: **Fysik för realskolan**

1958: Första årskursen

1959: Andra årskursen

1960: Tredje årskursen

Stockholm: Svenska Bokförlaget Norstedts

Att förstå fysik

Landgren, L. 1973: 1. Kraft, tyngd, arbete

Landgren, L. 1975: 2. Massa, rörelse och energi

Landgren, L. 1975: 3. Materiens elektriska egenskaper

Elfving, J. 1975: 4. De fyra aggregationstillstånden

Landgren, L. 1976: 5. Magnetism och induktion

Gjörling, L. 1975: 6. Transversella och longitudinella vågor

Moberg, S. 1977: 7. Ljuset egenskaper

Karner, W. 1977: 8. Elektronik

Elfving, J. 1977: 9. Materiens minsta delar

Moberg, S. 1977: 10. Jorden och dess drabant

Karner, W. 1977: 11. Vårt planetsystem

Elfving, J. 1977: 12. Vår bild av universum

Stockholm: Askild & Kärnekull Förlag AB

Beckman, A, Lundin, J & Magnusson, S: **Laborationer i fysik för grundskolan**

1966: Årskurs 7

1967: Årskurs 8

1966: Årskurs 9

Stockholm: Svenska Bokförlaget/Bonniers

Beckman, A & Magnusson, S: **Fysik för grundskolan**

1969: Årskurs 7

1968: Årskurs 8

1968: Årskurs 9

Stockholm: Läromedelsförlagen Magn Bergvall/AV Carlsson

Beckman, A & Wetterblad, T: **Fysik. Läro- och läsebok för realskolan**

1935: Första årskursen

1936: Andra årskursen

1937: Tredje årskursen (under medverkan av A Jenvall)

Stockholm: Albert Bonniers förlag

Bergholm, C & Ljunggren, T: **Fysik för grundskolan**

1962: Årskurs 7

1963: Årskurs 8

1964: Årskurs 9

- Andra upplagan (omarbetad)

1967: Årskurs 7

1967: Årskurs 8

1968: Årskurs 9

Stockholm: Lindblads

Berglund, A: **Lärobok i fysik**

1917: I. Allmän fysik och värmelära

1918: II. Läran om magnetismen och elektriciteten

1919: III. Läran om ljudet och ljuset, om kroppars rörelse, tillämpad fysik

Stockholm: Albert Bonniers förlag

Blomqvist, P & Wahlström, T. 1981: **Teknik för högstadiet**

Stockholm: Almqvist & Wiksell Läromedel

Broden, I: **Fysik**

1963: Årskurs 7

1964: Årskurs 8

1965: Årskurs 9

Stockholm: A V Carlsons

Dunfalk, L, Berggren, B & Bäckström, J. 1981: **System 82. Teknik, högstadiet**

Stockholm: Esselte Studium

Elmgren, B, Hall, T & Pederby, B. 1981: **Fysikboken. Högstadiet. Faktabok**

Stockholm: Esselte Studium

Elmgren, B, Pederby, B & Torstensson, O: **Fysikboken. Högstadiet. Studiebok**

1981: Studiebok 1

1982: Studiebok 2

1983: Studiebok 3

Stockholm: Esselte Studium

Elvegård, E. 1957: **Fysik för lägre skolstadier**

Stockholm: Tidens förlag

Elvegård, E: **Fysikens grunder. Lärobok i fysik för grundskolan**

1964: Årskurs 7

1965: Årskurs 8

1966: Årskurs 9

Stockholm: Bokförlaget Liber

Eriksson, F, Arvidsson, K & Gustafsson, K-E. 1981: **Teknik. NO-Människans verksamhet**

Malmö: Interskol

Falk, P-A & Johnson, J-H: **Nova fysik**

1975: Fysik 1

1976: Fysik 2

1977: Fysik 3

- Andra upplagan (omarbetad)

1982: Fysik 1

1983: Fysik 2

1984: Fysik 3

Stockholm: Natur & Kultur

Frennhoff, F, Olsson, B & Svensson, U: **Fysik högstadiet. Försök och fakta**

1980: Arbetshäfte 1

1981: Arbetshäfte 2

1981: Arbetshäfte 3

Malmö: Liber Läromedel

Hall, T, Pederby, B & Elmgren, B. 1972: **Fysikboken för högstadiet. Faktabok**

Stockholm: Läromedelsförlagen

- 1975: Andra upplagan

Stockholm: Esselte Studium

Hall, T, Pederby, B, Elmgren, B & Granlind, B: **Fysikboken för högstadiet. Studiebok**

1973: 1

1972: 2

1972: 3

- Andra upplagan

1976: 1

1976: 2

1977: 3

Stockholm: Esselte Studium

Hellsten, C G: **Experimentell fysik och astronomi för ungdom**

1910: I. Statik och värmelära

1911: II. Magnetism och elektricitet

1912: III:1. Optik, akustik och dynamik

III:2. Astronomi och meteorologi

Stockholm: P A Norstedt & Söners förlag

Hellsten, C G (under medverkan av Frendel, A): Experimentell fysik och astronomi

1929: I. Statik och värmelära samt magnetism och elektrostatik

1930: II. Elektrodynamik samt akustik och optik

1931: III. Dynamik samt astronomi och meteorologi

Stockholm: P A Norstedt & Söners förlag

- Åttonde upplagan

1938: I. Statik, värmelära och magnetism

1937: II. Elektricitetslära samt akustik och optik

1942: III. Dynamik samt astronomi och meteorologi

Stockholm: Svenska Bokförlaget/P A Norstedt & Söner

Herlin, E & Unenge, J: Grundskolans fysik

1963: Årskurs 7 & 8

1965: Årskurs 9

Stockholm: Svenska Bokförlaget/Norstedts

Hjalmar, E: Lärobok i fysik för realskolor, mellanskolor och flickskolor

1930: I. Allmän fysik, värmelära, magnetism och elektrostatik

1931: II. Elektrodynamik, optik och akustik

1931: III. Dynamik och astronomi

- Fysik för realskolor och mellanskolor (fjärde upplagan)

1951: Del I

1953: Del II

1951: Del III

Stockholm: AB Magn Bergvalls förlag

Hjalmar, E, Pederby, B & Elmgren, B. 1962: Fysik för realskolan

- Grundskolans fysik

1963: Årskurs 7-8

1964: Årskurs 9

Stockholm: Magn Bergvalls förlag

Holmström, T & Malmberg, I J:son: Fysik. Lärobok för grundskolan

1964: Årskurs 7

1965: Årskurs 8

1967: Årskurs 9

- Experimentbok i fysik för grundskolan

1964: Årskurs 7

1965: Årskurs 8

1967: Årskurs 9

Stockholm: Svenska Bokförlaget/Norstedts

Hägglund, S-O, Eskilsson, O, Jylltorp, A, Schoultz, J, Söderbäck, O: NO Kombi

1985: Vad är NO?

1985: Rymden

1985: Livet omkring oss

1985: Luft och vatten

1986: Säker i trafiken

1986: Elektricitet

(Forts Hågglund m fl: NO Kombi)
 1986: Teknik i hemmet
 1986: Stoppa försumningen
 Gävle: Skolförlaget Gävle AB

Hörnblad, A, Eriksson, P-I & Enquist, H: Fysik för grundskolan

1963: Årskurs 7
 1964: Årskurs 8
 1966: Årskurs 9

- Studiehäfte med laborationer i fysik för grundskolan

1965: Årskurs 7
 1967: Årskurs 8
 1968: Årskurs 9

- 1970: Fysik. Stadieboken i fysik för högstadiet

- Fysik. Studiehäfte med laborationer

1975: Åk 7
 1975: Åk 8
 1976: Åk 9

- 1982: Fysik 123. Faktabok

- Fysik 123. Studiebok med laborationer

1981: 1
 1982: 2
 1983: 3

Stockholm: Almqvist & Wiksell Läromedel AB

Jansson, S & Ramström, L M: Naturorientering, fysik

1972: Åk 7; Gp, Ip 1, Ip 2
 1971: Åk 8; Gp, Ip 2
 1972: Åk 9; Gp, Ip 1, Ip 2
 Stockholm: Natur & Kultur

Karlsson, B & Sjöberg, L. 1981: Teknikboken. Högstadiet. Faktabok

Stockholm: Esselte Studium

Lagerqvist, B & Nordfält, B: Fysik

1975: Grundbok åk 7
 1979: Grundbok åk 8
 1977: Grundbok åk 9 (medv Blomgren, R)

- Laborationer och arbetsuppgifter

1978: Åk 7
 1979: Åk 8
 1977: Åk 9

Göteborg: Förenade papper AB

Lohmander, C L. 1917: Fysik

I. Mätning och vägning. Jämvikt och rörelse. Värmet
 II. Magnetismen och elektriciteten. Ljuset. Ljudet
 Stockholm: Magn Bergvalls förlag

Malmberg, I J:son. 1929-31: Övnings- och lärobok i fysik för realskolan

- Övnings- och lärobok i fysik

1933: Första årskursen

1938: Andra årskursen

1940: Tredje årskursen

Stockholm: Svenska Bokförlaget/P A Norstedt & Söner

Mebius, C A:Handledning vid undervisningen i fysik i realskolan

1908: I. Allmän fysik och värmelära

1908: II. Magnetism och elektricitet

1908: III. Utvidgade kurser i mekanik och värmelära samt optik och akustik

Göteborg: N J Gumperts bokhandel

Nilsson, B & Danver, C G: Fysik för realskolan

1955: Del 1

1956: Del 2

1956: Del 3

Stockholm: Natur & Kultur

Palazzi, P, Stenervik, S & Ståhl, J. 1981: Teknik för dig

Malmö: Liber Läromedel

Paulsson, B, Nilsson, B, Karpsten, B & Axelsson, J. 1977: Fysik Grh (7, 8, 9). Fakta-, laborations- och studiebok

Helsingborg: TEFY

Schultze, J & Svensson, L. 1981: Fysik, högstadiet. Försök och fakta (1, 2, 3)

Malmö: Liber

Sveriges Radio: NO

1970: Materia

1970: Värme i naturen

1970: Väder och vind

1970: Tid och rum

1971: Kraft - rörelse - arbete

1971: Elektricitet

1971: Astronomi

1971: Värme och kyla

1971: Elektrisk energi

1971: Elektriciteten i vår tjänst

1972: Ljus och ljud

1972: Elektronikåldern

1972: Energi

1972: Universum

Stockholm: Sveriges Radio Skolmateriel

Undvall, L, Nilheden, G, Lindholm, S & Lindkvist, A: System 80

1975: Fysik 7

1976: Fysik 8

1977: Fysik 9

(Forts Undvall m fl)

- System 82. Högstadiet

1982: Fysik 1

1982: Fysik 2

1983: Fysik 3

Stockholm: Esselte Studium

B. Övrig litteratur

Almkvist, G. 1968: Algebra

Lund: Studentlitteratur

Almkvist, G, Beskow, G, Herlin, E & Knave, E: Fysik för realgymnasiet

1961: I. Mekanik för R I⁴ och R I³

1962: II. Värmelära

1962: III. Elektricitetslära

1963: IV. Optik

1962: V. Mekanik för R IV⁴ och R III³

1962: VI. Atomfysik

1964: VII. Astrofysik

Stockholm: Svenska Bokförlaget/Bonniers

Andersson, B. 1974: Some simple experiments illustrating school children's entry into the stage of formal operational thought

Department of Physics, School of Education, Mölndal

- 1976: Science teaching and the development of thinking

Acta universitatis Gothoburgensis: Göteborg Studies in Educational Sciences 20

Andersson, B, Eliasson, Y & Waern, K. 1982: Naturvetenskaplig orientering. Metod, teorier och fakta

Malmö: Liber Läromedel

Andersson, I. 1979: Tankestilar och hemmiljö. En uppföljning av barns utveckling från 1 till 12 år

Acta universitatis Gothoburgensis: Göteborg Studies in Educational Sciences 27

Aktuellt från skolöverstyrelsen:

- ASÖ 6 (1953) nr 16-17: Normalundervisningsplaner för praktiska kommunala realskolor, s 168-191

- ASÖ 10 (1957) nr 22: Kursplaner för treårig realskolelinje i allmänt läroverk, s 285-309

- ASÖ 11 (1958) nr 15: Normalundervisningsplaner för praktiska kommunala realskolor, s 185-224

- ASÖ 11 (1958) nr 16: Kursplaner för realskolan i de allmänna läroverken, s 225-256

- ASÖ 11 (1958) nr 23-24: Tillägg till metodiska anvisningar för realskolan, s 347-378

- ASÖ 14 (1961) nr 43-44: Metodiska anvisningar för praktiska realskolor, s 824-833

Stockholm: Skolöverstyrelsen

Arfwedson, G & G. 1986: Nu är den nya didaktiken på gång!
Lärartidningen/Svensk Skoltidning 26/1986, s 19-26

Baez, A. 1976: *Innovation in science education - world-wide*
Paris: The UNESCO Press

Beckman, A. 1937: *Bidrag till kännedomen om skandiums spektrum i yttersta ultraviolett*
Uppsala: Akademisk avhandling

Berg, G. 1982: *Läroplansanalys. Nivåmodellen - en presentation*
Uppsala universitet, pedagogiska institutionen. Stencil

Bergendal, G: Vad menas med didaktik?
I Nilsson, K A (red). 1986: *Bidrag till didaktiken. Rapport från ett seminarium den 28 november 1985*
Lund: Pedagogiskt utvecklingsarbete vid Lunds universitet nr 86:144

Bloch, J, Häußler, P & Sönnichsen, G: *Fachspezifische und fächerübergreifende Curricula und Curriculumprojekte: Naturwissenschaften*
I Frey, K et al (Hrsg). 1975: *Curriculumhandbuch*. Bände I, II, III
München: Piper

Bonniers lexikon, 1966-67
Stockholm: Albert Bonniers förlag AB

Brainerd, C J. 1978: *Piaget's theory of intelligence*
Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc

Bruhn, K, 1954: *Didaktik*
Lund: C W K Gleerups förlag

Bruner, J S. 1970: *Undervisningsprocessen*
Lund: Gleerups

Bøe, J. 1972: *Naturvitenskapen og skolen. Didaktikk*
Oslo: Fabritius Forlag

Comenius, J A. 1657: *Didactica magna*

Dahlöf, U. 1960: *Kursplaneundersökningar i matematik och modersmålet*
SOU 1960:15

Dahlman, A & Glad, S. 1980: *Försök med alternativa arbetsområden i fysik*
Malmö: Rapport 11:1980, Lärarhögskolan i Malmö

Driver, R & Erickson, G. 1983: Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science
Studies in Science Education, 10, s 37-60

Egidius, H. 1968: *Pedagogiska utvecklingslinjer*
 Lund: Uniskol

Ehrnborg, H m fl. 1978: *Samverkan mellan fysik och trä- och metallslöjd*
 Göteborg: Fortbildningsavdelningen i Göteborg

EKNA-projektet:

- Rapport 1. Andersson, B, Kärrqvist, C & Renström, L. 1979: Varför elevperspektiv?
 - Rapport 2. Andersson, B & Kärrqvist, C. 1979: Elektriska kretsar
 - Rapport 3. Andersson, B & Renström, L. 1979: Temperatur och värme: Kokning
 - Rapport 4. Andersson, B. 1979: Temperatur och värme: Smältning
 - Rapport 5. Östklint, O & Rönnlund, B. 1981: Gymnasieelevers föreställningar om elektrisk ström
 - Rapport 6. Andersson, B & Renström, L. 1981: Materia: Några frågeställningar
 - Rapport 7. Andersson, B & Renström, L. 1981: Materia: Oxidation av stålull
 - Rapport 8. Andersson, B & Kärrqvist, C. 1981: Ljuset och dess egenskaper
 - Rapport 12. Andersson, B. 1984: Kemiska reaktioner
 - Rapport 13. Andersson, B. 1985: Om lärande och kunskande
 - Rapport 14. Andersson, B. 1985: Elevers naturvetenskapliga orsakstänkande
 - Rapport 15. Richthoff, U & Bernhardsson, K. 1985: Jorden som planet i rymden
- Mölnadal: Institutionen för praktisk pedagogik, Göteborgs universitet

Ekstig, B. u å: *Kan fysikens metodik vägledas av vetenskapshistorien?*
 Uppsala universitet, institutionen för lärarutbildning. Stencil

Elkind, D. 1983: *Barn och unga i Piagets psykologi*
 Stockholm: Natur & Kultur

Enge, M & Ekeland, P R. 1984: Gamle tanker i nye hoder. En empirisk undersøkelse av elevers og studenters forståelse innenfor områder i mekanikk
 Oslo: Rapport 84-21, Institute of Physics, University of Oslo

Englund, T: Samhällsorienteringens innehåll (läromedel och undervisning) - determinanter för innehållet och deras tolkningar: en modell
 I Lundgren, U P, Svingby, G, Wallin, E (red). 1982: *Läroplaner och läromedel*. En konferensrapport
 Stockholm: Högskolan för lärarutbildning i Stockholm, institutionen för pedagogik.
 Rapport 13/1982

- 1984a: Didaktik - vad är det?

Uppsala: Arbetsrapporter från Pedagogiska institutionen, Uppsala universitet. Nr 85

- 1984b: Argument för och grunddrag i en samhällsorientering som medborgarförberedande, politisk bildning

Uppsala: Arbetsrapporter från Pedagogiska institutionen, Uppsala universitet. Nr 86

(Forts Englund, T)

- 1985: Skolan och demokratin.

Uppsala: Arbetsrapporter från Pedagogiska institutionen, Uppsala universitet. Nr 108

- 1986: Curriculum as a political problem. Changing educational conceptions, with special reference to citizenship education

Lund: Studentlitteratur/Chartwell-Bratt

Englund, T & Svingby, G. 1982: Scientification of teaching - a concept to be questioned
Göteborg: Department of Education, University of Göteborg 1982:01

Englund, T, Svingby, G & Wallin, E. 1986: Orienteringsämnenas innehåll och den medborgerliga kompetensen

Köpenhamn: Nordisk Pedagogik nr 3 1986, s 147-155

Eriksson, K H. 1984: Bildningsmål - skola - lärarutbildning. Översikt och problemorientering
Linköping: Universitetet i Linköping, rapport LiU-PEK-R-91

Fhanér, S. 1979: Psykologi som förklaring, förståelse och kritik. Om psykologins vetenskapsteori

Stockholm: Aldus/Bonniers

Frankman, F. 1962: Läroverksstadgan och andra författningar rörande icke-obligatoriska skolor under skolöverstyrelsens förvaltning

Lund: Håkan Ohlssons tryckeri

Frey, K, Achtenhagen, F, Haft, H, Haller, H-D, Hameyer, U, Hesse, H A, Hiller, G G, Klafki, W, Teschner, W-P, van Trotsenburg, e A & Wulf, C (Hrsg). 1975: Curriculum-handbuch. Bände I, II, III

München: Piper

Frey, K, Blänsdorf, K, Kapune, T, Schaefer, G, Archenhold, F (Eds). 1977: Research in science education in Europe - perspectives, structural problems and documentation 1976

Amsterdam: Swets & Zeitlinger

Frey, K & Lang, M (Hrsg). 1973: Kognitionspsychologie und naturwissenschaftlicher Unterricht

Bern: Verlag Hans Huber

Friskopp, K G. 1971?: Slutrapport över det första svenska PSSC-försöket 1962-1968
Stockholm. Stencil

Fysik PSSC

1963: I. Fysikens grunder

1962: II. Optik

1964: III. Mekanik

1964: IV. Ellära

u å : V. Kvantfysik

Stockholm: Biblioteksförlaget - NKI

(Forts Fysik PSSC)

1967: 1. Optik och vågrörelse

1967: 2. Mekanik

1968: 3. Ellära

1968: 4. Kvantfysik

Stockholm: Biblioteksförlaget

Gejrot, H, Räf, P, Sandén, E (red). 1946: *Lärarmatrikeln 1946*
Stockholm

Gerholm, T R. 1966: *Fysiken och människan*
Stockholm: Bokförlaget Aldus/Bonniers

Gilbert, J K & Watts, D M. 1983: Concepts, misconceptions and alternative conceptions:
changing perspectives in science education
Studies in Science Education, 10, s 61-98

Goldstein, H. 1969: *Classical mechanics*
Reading: Addison-Wesley Publishing Company, Inc

Grimlund, H & Wallin, H. 1933: 1933 års läroverksstadga med förklaringar och sidhänvisningar
jämte timplaner och undervisningsplan
Stockholm: P A Norstedt & Söners förlag

Gundem, B B. 1980: Tradisjon - Kritikk - Syntese. En analyse av hovedtrekk ved samtidig
tysk didaktikk - med en relatering til aktuelle spørsmål i nordisk sammenheng
Rapport nr 7, Pedagogisk forskningsinstitutt, Universitetet i Oslo

- 1982: Om fagdidaktikk. En rapport med saerlig henblik på fagdidaktikk i universi-
tetets grundutdanning
ULI-prosjektet, delrapport 2. Pedagogisk forskningsinstitutt, Universitetet i Oslo

- Forholdet mellom allmenn didaktikk og fagdidaktikk
I Skagen, K & Tiller, T. 1983: *Fag - skole - samfunn. Innføring i fagdidaktikk*
Oslo: Aschehoug

Gustafsson, C: Läromedlens styrande funktion i undervisningen
I Lundgren U P, Svingby, G, Wallin, E (red). 1982: *Läroplaner och läromedel. En konferensrapport*
Stockholm: Högskolan för lärarutbildning i Stockholm, institutionen för pedagogik.
Rapport 13/1982

Hahn, K, Töpfer, E & Bruhn, J. 1970: *Methodik der Physikunterrichts*
Heidelberg: Quelle und Meyer

Hansson, B (red). 1980: *Metod eller anarki. Moderna teorier om vetenskapens väsen och metoder*
Lund: Doxa

Harbo, T. 1967: *Innføring i didaktikk*
Oslo: Fabritius & Söners Forlag

Henriksson, M & Hallberg, M. 1924: *Läroverkskollegierna 1923. Biografier och porträtt*
Västervik: C O Ekblad & C:o

Hjalmar, E. 1923: *Röntgenspektroskopische Messungen. Beitrag zur Kenntnis der Röntgen-
spektrum*
Lund: Akademisk avhandling

Holmquist, V. 1936: *Handledning vid laborationsövningar i fysik*
- klasserna 3⁵ och 2⁴
- klasserna 4⁵ och 3⁴
- klasserna 5⁵ och 4⁴
Lund: Håkan Ohlssons boktryckeri

Holmström, B & Runnquist, Å. 1971: *Boksverige. Författare, förlag, bokhandel, bibliotek*
Stockholm: Aldus/Bonniers

Hutten, E H. 1970: *Den moderna fysikens idéer*
Lund: Gleerups

Inhelder, B & Piaget, J. 1972: *The growth of logical thinking from childhood to
adolescence* (4th Ed)
London: Routledge & Kegan Paul Ltd

IPN Report-in-Brief 11
Kiel: IPN

Johanson, E. 1961: *Kursplaneundersökningar i fysik och kemi*
Stockholm: Almqvist & Wiksell

Johansson, L. 1970: *Utbildning: Resonerande del. Låginkomstutredningen*
Stockholm: Allmänna förlaget

Johansson, B & Kilborn, W: *Om matematikämnets innehåll och didaktik*
I Marton, F (red). 1986: *Fackdidaktik*
Lund: Studentlitteratur

J:son Bergqvist, B & Nordfelt, A. 1910: *Författningshandbok rörande rikets allmänna
läroverk, förra delen*
Stockholm: P A Norstedt & Söners förlag

J:son Bergqvist, B & Wallin, H. 1928: *Nya läroverksstadgan jämte undervisningsplaner med
flera nya författningar rörande allmänna läroverken*
Stockholm: P A Norstedt & Söners förlag

Karplus, R & Karplus, E F: *Ratio: A longitudinal study*
I Frey, K & Lang, M (Hrsg). 1973: *Kognitionspsychologie und naturwissenschaftlicher
Unterricht*
Bern: Verlag Hans Huber

- Karplus, R & Peterson, R W: Intellectual development beyond elementary school II: Ratio, a survey
I Frey, K & Lang, M (Hrsg). 1973: Kognitionspsychologie und naturwissenschaftlicher Unterricht
Bern: Verlag Hans Huber
- Keohane, K W: Research in science education in Europe: United Kingdom
I Frey, K et al (Eds). 1977: Research in science education in Europe
Amsterdam: Swets & Zeitlinger
- Kilborn, W, Lundberg, S, Selander, S & Öhlund, U. 1977: Hej läroplan! Hur man bestämmer vad våra barn skall lära sig i matematik
Mölnadal: Rapport 15, PUMP-projektet. Pedagogiska institutionen, Göteborgs universitet
- Kungl Skolöverstyrelsen. 1935: Metodiska anvisningar till undervisningsplanen för rikets allmänna läroverk
Stockholm: Kungl Skolöverstyrelsen
- 1955a: Undervisningsplan för rikets folkskolor den 22 januari 1955
Stockholm: Svenska Bokförlaget Norstedts
 - 1955b: Kursplaner och metodiska anvisningar för realskolan
Stockholm: Svenska Bokförlaget Norstedts
 - 1962: Läroplan för grundskolan
Stockholm: Kungl Skolöverstyrelsen
- Kärqvist, C. 1985: Kunskapsutveckling genom experimentcentrerade dialoger i ellära
Acta universitatis Gothoburgensis: Göteborg Studies of Educational Sciences 52
- Körner, H. 1967: Läs, lär, laborera i fysik. Åk 7-8
Stockholm: Svenska Bokförlaget/Norstedts
- Landquist, J. 1963: Pedagogikens historia
Lund: CWK Gleerups förlag
- Larsson-Leander, G. 1971: Astronomi och astrofysik
Lund: Gleerups
- Lawson, A E, Karplus, R & Adi, H. 1978: The aquisition of propositional logic and formal operational schemata during the secondary school years
Journal of Research in Science Teaching, 15, 6, s 465-478
- Leide, G. 1982: Naturkunskap på låg- och mellanstadiet - fyra amerikanska skolprojekt
Malmö: Rapport 6:1982, Lärarhögskolan i Malmö

LMN-projektet:

Andersson, B & Svantesson, N. 1968: Planering för en modernisering av låg- och mellanstadiets naturvetenskapliga undervisning (LMN 1)

Andersson, B. 1970: Mål och planering för ett naturvetenskapligt försöksprojekt för låg- och mellanstadiet (LMN 2)

Andersson, B. 1971: Analys av mål och process för skolbarnens naturvetenskapliga undervisning på låg- och mellanstadiet (LMN 3)

Andersson, B & Renström, L. 1971: Mål och riktlinjer för naturvetenskaplig undervisning på låg- och mellanstadiet (LMN 5)

Åkesson, B. 1972: Mål och riktlinjer för naturvetenskapligt undervisning på låg- och mellanstadiet - biologisekvensen (LMN 11)
Göteborg: Lärarhögskolan

Läromedelsprototyper:

LMN 1: Föremål, material, organismer

LMN 2: Livscyklar, växelverkan, system

LMN 3: Läge och rörelse

LMN 4: System, miljö, variabler

LMN 5: Energikedjor, näringskedjor

LMN 6: Ekosystem, modeller

Lortie, D C. 1977: *Schoolteacher. A sociological study*

Chicago: The University of Chicago Press

Lovell, K. 1961: A follow-up study of Inhelder and Piaget's The growth of logical thinking

British Journal of Psychology, 52, s 143-153

Lundgren, U P. 1977: *Model analysis of pedagogical processes*

Stockholm: Institute of Education

- 1981: *Att organisera omvärlden*

Stockholm: Liber Förlag

Lundgren, U P, Svingby, G, Wallin, E (red). 1982: *Läroplaner och läromedel. En konferensrapport*

Stockholm: Högskolan för lärarutbildning i Stockholm, institutionen för pedagogik.
Rapport 13/1982

Lybeck, L. 1978: *En ämnesmetodisk forskningsansats för naturvetenskapliga ämnen och matematik*

Mölndal: Rapport 169, Pedagogiska institutionen, Göteborgs universitet

- 1981: *Arkimedes i klassen. En ämnespedagogisk berättelse*

Acta universitatis Gothoburgensis: Göteborg Studies in Educational Sciences 37

Malmgren, L-G: Om litteraturdidaktik - ett inlägg i en pågående debatt om didaktisk forskning

I Nilsson, K A (red). 1986: Bidrag till didaktiken. Rapport från ett seminarium den 28 november 1985

Lund: Pedagogiskt utvecklingsarbete vid Lunds universitet nr 86:144

Marklund, S. 1970: *Vår nya skola för barn, ungdom och vuxna*
Stockholm: Bonniers

Martin, D R. 1980: A Piagetian approach to physics teaching
The Physics Teacher, 18(1), s 34-38

Marton, F. 1983: Från utbildningsmetodisk till fackdidaktisk forskning. Försök till innehållslig bestämning av ett kunskapsområde
Linköping: Lärarutbildningen vid universitetet i Linköping. 1983:100

- Vad är fackdidaktik?

I Marton, F (red). 1986: *Fackdidaktik*

Lund: Studentlitteratur

- (red). 1986: *Fackdidaktik*

Vol I: Principiella Överväganden. Yrkesförberedande ämnen

Vol II: Svenska och främmande språk. Samhällsorienterande ämnen

Vol III: Matematik. Naturorienterande ämnen

Lund: Studentlitteratur

Marton, F, Dahlgren, L-O, Svensson, L, Säljö; R. 1979: *Inläring och kunskapsuppfattning*
Stockholm: AWE/Gebers

McCarthy Gallagher, J & Reid, D K. 1981: *The learning theory of Piaget and Inhelder*
Monterey: Brooks/Cole Publishing Company

Mendelson, E. 1968: *Introduction to mathematical logic*
Princeton: D Van Nostrand Company, Inc

Moyer, A E. 1981: Physics teaching and the learning theories of G Stanley Hall and Edward L Thorndike
The Physics Teacher, 19(4), s 221-228

Näslund, J (red). 1979: *Boken om pedagogerna*
Stockholm: Liber Utbildningsförlaget

Nilsson, H & Gustafsson, G H. 1927: *Fysik och slöjd*

Nilsson, K A (red). 1986: Bidrag till didaktiken. Rapport från ett seminarium den 28 november 1985
Lund: Pedagogiskt utvecklingsarbete vid Lunds universitet nr 86:144

Nuffield Physics

- 1966: Teachers' Guide I
- 1967: Teachers' Guide II
- 1967: Teachers' Guide III
- 1966: Teachers' Guide IV
- 1967: Teachers' Guide V

- 1967: Guide to Experiments I
- 1967: Guide to Experiments II
- 1967: Guide to Experiments III
- (Guide to Experiments IV)
- 1968: Guide to Experiments V

- 1967: Questions Book I
- 1967: Questions Book II
- 1966: Questions Book III
- 1966: Questions Book IV
- 1967: Questions Book V

London: Longmans/Penguin Books

Pagels, H. 1986: Den kosmiska koden
Västerås: ICA-förlaget

Ohlson, R. 1986: Gamla mått och nya
Stockholm: Ingenjörskörlaget AB

Petersen, G. 1972: Das exemplarische Prinzip in der naturwissenschaftlichen Didaktik
Westermanns Pädagogische Beiträge, 1972, 24

Piaget, J & Garcia, R. 1983: Psychogenèse et histoire des sciences
Paris: Flammarion

Richardson, G. 1978: Svensk skolpolitik 1940-1945. Idéer och realiteter i pedagogisk debatt
och politiskt handlande
Stockholm: Liber Förlag

Rosser, W G V. 1971: An introduction to the theory of relativity
London: Butterworths

Russell, B. 1962: Relativitetsteorins ABC
Stockholm: Natur och Kultur

Sandström, C I: Hur kan vi förstå 70-talets pedagogik?
I Naeslund, J (red). 1979: Boken om pedagogerna
Stockholm: Liber Utbildningsförlaget

Seiler, T B: Die Bereichsspezifität formaler Denkstrukturen - Konsequenzen für den pädagogischen Prozess

I Frey, K & Lang, M (Hrsg). 1973: *Kognitionspsychologie und naturwissenschaftlicher Unterricht*

Berlin: Verlag Hans Huber

Shayer, M. 1972: Conceptual demands in the Nuffield O-level physics course
School Science Review, 54, 186, s 26-34

- 1978: Nuffield combined science: do the pupils understand it?
School Science Review, 60, 211, s 210-223

- 1979: Has Piaget's construct of formal operational thinking any utility?
British Journal of Educational Psychology, 49, s 265-276

Shayer, M & Adey, P. 1981: *Towards a science of science teaching*
London: Heinemann Educational Books

Shayer, M, Küchemann, D E & Wylam, H. 1976: The distribution of Piagetian stages of thinking in British middle and secondary school children
British Journal of Educational Psychology, 46, s 164-173

Shayer, M & Wylam, H. 1978: The distribution of Piagetian stages of thinking in British middle and secondary school children. II: 14-16 years olds and sex differentials
British Journal of Educational Psychology, 48, s 62-70

Shulman, L S & Tamir, P: Research on teaching in the natural sciences
i Travers, R M W (Ed). 1973: *Second handbook of research on teaching*
Chicago: Rand McNally

Singer, C. 1982: *A short history of scientific ideas to 1900*
Oxford: Oxford University Press

Sjøberg, S. 1979: *Naturfag i søkelyset*
Oslo: Tanum-Norli

- 1981a: *Jean Piagets teorier. En tverrfaglig utfordring*
Oslo: Universitetet i Oslo

- 1981b: *Kraft og bevegelse i historisk perspektiv*
Oslo: Rapport 81:18, Institute of Physics, University of Oslo

- 1982: *I lys av Piaget: fysikk som vitenskap og skolefag*
Oslo: Institute of Physics, University of Oslo

Sjøberg, S & Lie, S. 1981: *Ideas about force and movement among norwegian pupils and students*
Oslo: University of Oslo

- Skagen, K & Tiller, T. 1983: Fag - skole - samfunn. Innføring i fagdidaktikk
Oslo: Aschehoug
- Skolöverstyrelsen. 1969: Läroplan för grundskolan. Allmän del
- 1969: Läroplan för grundskolan. Supplement: Orienteringsämnen, högstadiet
 - 1978: Läroplan för grundskolan. Allmän del. Tillägg och ändringar giltiga från 1 juli 1978
 - 1980: Läroplan för grundskolan. Allmän del
Stockholm: Liber Utbildningsförlaget
- SOU 1947:49. 1940 års skolutrednings betänkanden och utredningar. X: Flickskolan
Stockholm: Ecklesiastikdepartementet
- Spreckelsen, K: Qualifikationsermittlung über die Analyse von Fachstrukturen
I Frey, K u a (Hrsg). 1975: Curriculum-Handbuch. Bände I, II, III
München: Piper
- Staffansson, E. 1968: Fysik. Elektronhöljen och atomkärnor
Göteborg: Akademiförlaget
- Svedin, L. 1986a: Är didaktiken frustrerande, nebulös, och moralisk - eller en bofink?
Skolvärlden 26/86, s 12-13
- 1986b: Kejsarens nya didaktikkostym
Skolvärlden 31/86, s 14-15
 - 1986c: Metodikkorpralernas intåg
Skolvärlden 32/86, s 4-5
 - 1987: Flumpedagogik på UHÄ löser kunskapsfrågan med "didaktik"
Skolvärlden 1/87, s 7-8
- Svensk Uppslagsbok. 1949: Band 13
Malmö: Förlagshuset Norden
- Svenska Fysikersamfundet: Kosmos. Svenska Fysikersamfundets årsböcker
Stockholm: Statens naturvetenskapliga forskningsråd
- Svenska män och kvinnor. Biografisk uppslagsbok 1942
Stockholm: Albert Bonniers Förlag
- Svenstam, Å: Med fysiken som utgångspunkt
I Nilsson, K A (red). 1986: Bidrag till didaktiken. Rapport från ett seminarium
den 28 november 1985
Lund: Pedagogiskt utvecklingsarbete vid Lunds universitet nr 86:144

Svingby, G. 1982a: **Från läroplanspoesi till klassrumsverklighet**

Malmö: Liber Läromedel

- **Läroplanen, läromedlen och undervisningens innehåll**

I Lundgren, U P, Svingby, G, Wallin, E (red). 1982: **Läroplaner och läromedel. En konferensrapport**

Stockholm: Högskolan för lärarutbildning i Stockholm, institutionen för pedagogik.
Rapport 13/1982

- 1985: **Sätt kunskapen i centrum!**

Stockholm: Liber Utbildningsförlaget

Undervisningsplan för rikets folkskolor. 1920

Wäxjö

Weidner, R T & Sells, R L.

1966: **Elementary classical physics. Volyme I**

1967: **Elementary classical physics. Volyme II**

1968: **Elementary modern physics**

Boston: Allyn and Bacon

Wetterblad, T. 1924: **Dispersionsmessungen in Ultrarot für Luft, Kohlendioxyd und Kohlenoxyd**

Uppsala: Akademisk avhandling

Zimmerman, A (utg). 1896: **Samling af författningar m m rörande allmänna läroverken och pedagogierna. Tredje upplagan**

Stockholm: P A Norstedt & Söners förlag

Ålvik, T: **Fagdidaktikkens oppgaver**

I Skagen, K & Tiller, T. 1983: **Fag - skole - samfunn. Innføring i fagdidaktikk**

Oslo: Aschehoug

UPPSALA STUDIES IN EDUCATION

Editors: Karl-Georg Ahlström, Gösta Berglund, Urban Dahllöf, Erik Wallin

1. *Inga Elgqvist-Saltzman* 1976: Vägen genom universitet. En forskningsöversikt och en empirisk analys av några studievägar inom filosofisk fakultet i Umeå 1968–1975.
2. *Sverker Lindblad* 1976: Simulering i undervisning. En kritisk granskning av artificiell praktik i allmänutbildning.
3. *Urban Dahllöf* 1977: Reforming Higher Education and External Studies in Sweden and Australia.
4. *Leif Isberg* 1978: Arbetsuppgifter, krav och utbildning. En studie rörande domarproblematiken inom lagspelet fotboll.
5. *Mats Myrberg* 1978: Towards an Ergonomic Theory of Text Design and Composition.
6. *Henry Werlinder* 1978: Psychopathy: A History of the Concepts. Analysis of the Origin and Development of a Family of Concepts in Psychopathology.
7. *Håkan Jenner* 1979: Mål och verklighet i ett terapeutiskt samhälle. En process- och effektstudie av en behandlingsinstitution för drogmissbrukare.
8. *Christer Stensmo* 1979: Kollektivet Trollängen. En utvärdering på organisationsnivå.
9. *Lars Ryhammar* 1979: Barn och trafikundervisning. En undersökning i grundskolans årskurser 3–6.
10. *Agnes Nobel* 1979: Boken i skolan. En analys med särskild inriktning på bibliotekets funktion i grundskolan.
11. *Annika Andræ* 1980: Grundskola i glesbygd. Försöksverksamhet med årskurslöst högstadium.
12. *Britta Ericson* 1980: Lässvårigheter och emotionell störning.
13. *Karl-Georg Ahlström & Maud Jonsson* 1980: Flexible Grouping of Pupils and Teamwork between Teachers.
14. *Ola Westin* 1981: On Political Socialization and Education: Investigations into an Argumentation for a Good Political Belief System.
15. *Gunnar Berg* 1981: Skolan som organisation. En analys av skolans organisatoriska struktur i ett förändringsperspektiv.
16. *Birgitta Willén* 1981: Distance Education at Swedish Universities. An Evaluation of the Experimental Programme and a Follow-up Study.
17. *Magnus Söderström* 1981: Personalutveckling i arbetslivet och återkommande utbildning. Några problem och utvecklingsmöjligheter.
18. *Lars Holmstrand* 1982: English in the Elementary School: Theoretical and Empirical Aspects of the Early Teaching of English as a Foreign Language.
19. *Laine Strömberg Sölveborn* 1983: Doktoranders studiesituation. En undersökning vid samhällsvetenskapliga fakulteten, Uppsala universitet.
20. *Max Scharnberg* 1984: The Myth of Paradigm-shift, or How to Lie with Methodology.

Acta Universitatis Upsaliensis

UPPSALA STUDIES IN EDUCATION

Editors: Karl-Georg Ahlström, Gösta Berglund, Urban Dahllöf, Erik Wallin

21. *Margareta Björndahl* 1984: Klassföreståndares inställning till daglig elevvård. En analys av uppfattningar och pedagogiskt handlande i sexton högstadielklasser.
22. *Bert Stålhammar* 1984: Rektorsfunktionen i grundskolan. Vision – verklighet.
23. *Gunnar Richardson, Paul Lönnström & Staffan Smedberg* 1984: Utbildningshistorisk forskning. Problem, källmaterial, metodik.
24. *Ulla Holm* 1985: Empati i läkar-patientrelationen. En teoretisk och empirisk analys.
25. *Tomas Englund* 1986: Curriculum as a Political Problem.
26. *Silva Sköld* 1987: FAL – Fortbildning i Administration för Läkare. Studie av ett personalutvecklingsprojekt.
27. *Gertrud Grahn* 1987: Educational Situations in Clinical Settings. A Process Analysis.
28. *Stellan E Löfdahl* 1987: Fysikämnet i svensk realskola och grundskola. Kartläggning och alternativ ur fysikdidaktisk synvinkel.

ISBN 91554-2125-3

ISSN 0347-1314

Distributor: Almqvist & Wiksell International, Stockholm, Sweden